

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 5月14日
Date of Application:

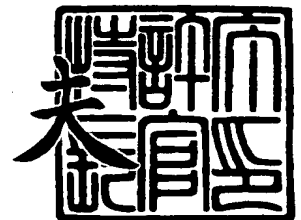
出願番号 特願2003-136158
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-136158]

出願人 学校法人金沢工業大学
Applicant(s):

2003年11月21日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康



出証番号 出証特2003-3096520

【書類名】 特許願
【整理番号】 0208-OSHI
【提出日】 平成15年 5月14日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 B60L 11/00
B60L 11/18

【発明者】

【住所又は居所】 石川県金沢市久安5丁目108番地

【氏名】 大島 弘安

【発明者】

【住所又は居所】 長野県南佐久郡臼田町大字上小田切921

【氏名】 今井 勝也

【特許出願人】

【識別番号】 593165487

【氏名又は名称】 学校法人 金沢工業大学

【代理人】

【識別番号】 100072420

【弁理士】

【氏名又は名称】 小鍛治 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 098339

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 4輪独立操舵車両の操舵制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、操舵拘束条件式中の一つの変数を操舵指令値 S とし、その操舵指令値 S を S_1 から S_2 へ変えて、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を、操舵指令値 S_1 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1}$ から操舵指令値 S_2 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_2}$ へ移行する過程で、操舵指令値 S_1 に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S_1 + \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させ、各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(S_1 + \Delta S)$ に更に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S_1 + 2\Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔS を順次加えた操舵指令値 $(S_1 + n\Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させ、各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_2}$ へ変化させることを特徴とする4輪独立操舵車両の操舵制御方法

【請求項 2】 操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ と各回転速度 $n 1, n 2, n 3, n 4$ を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、操舵拘束条件式中の一つの変数を操舵指令値 S とし、その操舵指令値 S を $S 1$ から $S 2$ へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ を、操舵指令値 $S 1$ に対応する各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1}$ から操舵指令値 $S 2$ へ対応する各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 2}$ に移行する過程で、操舵指令値 $S 1$ に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 ($S 1 + \Delta S$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + \Delta S}$ と微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{S 1 + \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + \Delta S}$ とその微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{S 1 + \Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ と各回転速度 $n 1, n 2, n 3, n 4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + \Delta S}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 ($S 1 + \Delta S$) に更に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 ($S 1 + 2 \Delta S$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + 2 \Delta S}$ と微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{S 1 + 2 \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + 2 \Delta S}$ とその微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{S 1 + 2 \Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ と各回転速度 $n 1, n 2, n 3, n 4$ を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔS を順次加えた操舵指令値 ($S 1 + n \Delta S$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + n \Delta S}$ と微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{S 1 + n \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + n \Delta S}$ とその微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{S 1 + n \Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ と各回転速度 $n 1, n 2, n 3, n 4$ を変化さ

せ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n \Delta S}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_2}$ へ変化させることを特徴とする4輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項3】 操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離 R を操舵指令値とし、その操舵指令値 R を R_1 から R_2 へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を、操舵指令値 R_1 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1}$ から操舵指令値 R_2 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_2}$ へ移行する過程で、操舵指令値 R_1 に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 $(R_1 + \Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + \Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + \Delta R}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + \Delta R}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(R_1 + \Delta R)$ に更に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 $(R_1 + 2 \Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + 2 \Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + 2 \Delta R}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔR を順次加えた操舵指令値 $(R_1 + n \Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + n \Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + n \Delta R}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + n \Delta R}$ に到達して舵角整合したことの検

知を繰り返して、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R1}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R2}$ へ変化させることを特徴とする 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 4】 右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を α_1 , α_2 , α_3 , α_4 とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離を W とし、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離を R としたとき、距離 R を操舵指令値とし、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式が、

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1}\left(\frac{L}{R-W}\right)$$

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1}\left(\frac{L}{R+W}\right)$$

で表すことができる条件式であることを特徴とする請求項 3 に記載の 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 5】 右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を α_1 , α_2 , α_3 , α_4 とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離を W とし、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離を R としたとき、距離 R を操舵指令値とし、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式が、

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left(\frac{2L}{R-W}\right)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1}\left(\frac{2L}{R+W}\right)$$

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

で表すことができる条件式であることを特徴とする請求項 3 に記載の 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 6】 操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離 R を操舵指令値とし、その操舵指令値 R を R_1 から R_2 へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を、操舵指令値 R_1 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1}$ から操舵指令値 R_2 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_2}$ へ移行する過程で、操舵指令値 R_1 に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 ($R_1 + \Delta R$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + \Delta R}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{R_1 + \Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + \Delta R}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{R_1 + \Delta R}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + \Delta R}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 ($R_1 + \Delta R$) に更に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 ($R_1 + 2\Delta R$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + 2\Delta R}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{R_1 + 2\Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + 2\Delta R}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{R_1 + 2\Delta R}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が操舵整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔR を順次加えた操舵指令値 ($R_1 + n\Delta R$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + n\Delta R}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{R_1 + n\Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + n\Delta R}$ と

その微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]$ $R_1 + n \Delta R$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $R_1 + n \Delta R$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ R_1 から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ R_2 へ変化させることを特徴とする 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 7】 右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ とし、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度を n_1, n_2, n_3, n_4 とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離を W とし、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離を R としたとき、距離 R を操舵指令値とし、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式が、

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R-W} \right)$$

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R+W} \right)$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{(R-W)^2 + L^2} : \sqrt{(R+W)^2 + L^2} \\ : \sqrt{(R-W)^2 + L^2} : \sqrt{(R+W)^2 + L^2}$$

で表すことができる条件式であることを特徴とする請求項 6 に記載の 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 8】 右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ とし、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度を n_1, n_2, n_3, n_4 とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離を W とし、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧

の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離を R としたとき、距離 R を操舵指令値とし、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式が、

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R-W} \right)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R+W} \right)$$

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{(R-W)^2 + (2L)^2} : \sqrt{(R+W)^2 + (2L)^2} : |R-W| : |R+W|$$

で表すことができる条件式であることを特徴とする請求項 6 に記載の 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 9】 操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、車両上の任意の点 P_n の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_n を操舵指令値とし、その操舵指令値 α_n を α_{n1} から α_{n2} へ変えて、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を、操舵指令値 α_{n1} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1}}$ から操舵指令値 α_{n2} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n2}}$ へ移行する過程で、操舵指令値 α_{n1} に微小操舵指令値 $\Delta \alpha_n$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n}$ に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させ、各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n)$ に更に微小操舵指令値 $\Delta \alpha_n$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{n1} + 2 \Delta \alpha_n)$ に対し

て前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + 2\Delta\alpha_n}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + 2\Delta\alpha_n}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 $\Delta\alpha_n$ を順次加えた操舵指令値 $(\alpha_{n1} + n\Delta\alpha_n)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + n\Delta\alpha_n}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + n\Delta\alpha_n}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + n\Delta\alpha_n}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1}}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n2}}$ へ変化させることを特徴とする 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 10】 右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離を W とし、車両上の任意の点 P_n の X 座標を x_n 、Y 座標を y_n とし、点 P_n の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度を α_n としたとき、角度 α_n を操舵指令値とし、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式が、

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} - W} \right)$$

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} + W} \right)$$

で表すことができる条件式であることを特徴とする請求項 9 に記載の 4 輪独立操

舵車両の操舵制御方法。

【請求項 1 1】 右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を α_1 , α_2 , α_3 , α_4 とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離を W とし、車両上の任意の点 P n の X 座標を x_n , Y 座標を y_n とし、点 P n の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度を α_n としたとき、角度 α_n を操舵指令値とし、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式が、

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} - W} \right)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} + W} \right)$$

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

で表すことができる条件式であることを特徴とする請求項 9 に記載の 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 1 2】 操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 と各回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、車両上の任意の点 P n の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_n を操舵指令値とし、その操舵指令値 α_n を α_{n1} から α_{n2} へ変えて、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を、操舵指令値 α_{n1} に対応する各操舵角度 [α_1 , α_2 , α_3 , α_4] α_{n1} から操舵指令値 α_{n2} に対応する各操舵角度 [α_1 , α_2 , α_3 , α_4] α_{n2} へ移行する過程で、操舵指令値 α_{n1} に微小操舵指令値 $\Delta \alpha_n$ を加えた操舵指令値 [α

$n_1 + \Delta \alpha_n$] に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n_1 + \Delta \alpha_n}}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n_1 + \Delta \alpha_n}}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n_1 + \Delta \alpha_n}}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n_1 + \Delta \alpha_n}}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n_1 + \Delta \alpha_n}}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(\alpha_{n_1 + \Delta \alpha_n})$ に更に微小操舵指令値 $\Delta \alpha_n$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{n_1 + 2 \Delta \alpha_n})$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n_1 + 2 \Delta \alpha_n}}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n_1 + 2 \Delta \alpha_n}}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n_1 + 2 \Delta \alpha_n}}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n_1 + 2 \Delta \alpha_n}}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 $\Delta \alpha_n$ を順次加えた操舵指令値 $(\alpha_{n_1 + n \Delta \alpha_n})$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n_1 + n \Delta \alpha_n}}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n_1 + n \Delta \alpha_n}}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n_1 + n \Delta \alpha_n}}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n_1 + n \Delta \alpha_n}}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n_1 + n \Delta \alpha_n}}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n_1}}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n_2}}$ へ変化させることを特徴とする 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 13】 右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ とし、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度を n_1, n_2, n_3, n_4 とし、前車輪と後車

輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離を W とし、車両上の任意の点 P n の X 座標を x_n 、Y 座標を y_n とし、点 P n の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度を α_n としたとき、角度 α_n を操舵指令値とし、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式が、

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} - W} \right)$$

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} + W} \right)$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} - W\right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} + W\right)^2 + L^2} \\ : \sqrt{\left(x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} - W\right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} + W\right)^2 + L^2}$$

で表すことができる条件式であることを特徴とする請求項 1 2 に記載の 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 1 4】 右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 とし、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度を n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離を W とし、車両上の任意の点 P n の X 座標を x_n 、Y 座標を y_n とし、点 P n の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度を α_n としたとき、角度 α_n を操舵指令値とし、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式が、

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W} \right)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W} \right)$$

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W\right)^2 + (2L)^2} : \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W\right)^2 + (2L)^2} \\ : \left|xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W\right| : \left|xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W\right|$$

で表すことができる条件式であることを特徴とする請求項 1 2 に記載の 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 1 5】 操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、左右の前車輪を結ぶ直線の中点 P 0 の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_0 を操舵指令値とし、その操舵指令値 α_0 を α_{01} から α_{02} へ変えて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を、操舵指令値 α_{01} に対応する $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01}}$ から操舵指令値 α_{02} に対応する $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{02}}$ へ移行する過程で、操舵指令値 α_{01} に微小操舵指令値 $\Delta \alpha_0$ を加えた操舵指令値 ($\alpha_{01} + \Delta \alpha_0$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta \alpha_0}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta \alpha_0}$ に向けて各操舵角度

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta \alpha_0}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(\alpha_{01} + \Delta \alpha_0)$ に更に微小操舵指令値 $\Delta \alpha_0$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{01} + 2 \Delta \alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + 2 \Delta \alpha_0}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + 2 \Delta \alpha_0}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、以後同様に、各車輪の各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 $\Delta \alpha_0$ を順次加えた操舵指令値 $(\alpha_{01} + n \Delta \alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + n \Delta \alpha_0}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + n \Delta \alpha_0}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + n \Delta \alpha_0}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01}}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{02}}$ へ変えることを特徴とする 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 16】 右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離を W とし、左右の前車輪を結ぶ直線の中点 P 0 の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度を α_0 としたとき、角度 α_0 を操舵指令値とし、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式が、

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{l}{\tan \alpha_0} - \frac{W}{L}} \right)$$

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{l}{\tan \alpha_0} + \frac{W}{L}} \right)$$

で表すことができる条件式であることを特徴とする請求項 15 に記載の 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 17】 右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を α_1 , α_2 , α_3 , α_4 とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離を W とし、左右の前車輪を結ぶ直線の中点 P0 の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度を α_0 としたとき、角度 α_0 を操舵指令値とし、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式が、

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{l}{\tan \alpha_0} - \frac{W}{2L}} \right)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{l}{\tan \alpha_0} + \frac{W}{2L}} \right)$$

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

で表すことができる条件式であることを特徴とする請求項 15 に記載の 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 18】 操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 と各回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、左右の前車輪を結ぶ直線の中点 P0 の移動方向が車

両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_0 を操舵指令値とし、その操舵指令値 α_0 を α_{01} から α_{02} へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を、操舵指令値 α_{01} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01}}$ から各操舵指令値 α_{02} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{02}}$ へ移行する過程で、操舵指令値 α_{01} に微小操舵司令値 $\Delta\alpha_0$ を加えた操舵司令値 $(\alpha_{01} + \Delta\alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta\alpha_0}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{01} + \Delta\alpha_0}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta\alpha_0}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{01} + \Delta\alpha_0}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta\alpha_0}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(\alpha_{01} + \Delta\alpha_0)$ に更に微小操舵指令値 $\Delta\alpha_0$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0}$ と微小移行回転速度 $(n_1, n_2, n_3, n_4)_{\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0}$ とその微小移行回転速度 $(n_1, n_2, n_3, n_4)_{\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 $\Delta\alpha_0$ を順次加えた操舵指令値 $(\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)_{\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0}$ と微小移行回転速度 $(n_1, n_2, n_3, n_4)_{\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 [

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ α_{01} から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ α_{02} へ変えることを特徴とする 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 19】 右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ とし、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度を n_1, n_2, n_3, n_4 とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離を W とし、左右の前車輪を結ぶ直線の中点 P0 の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度を α_0 としたとき、角度 α_0 を操舵指令値とし、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式が、

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{l}{\tan \alpha_0} - \frac{W}{L}} \right)$$

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{l}{\tan \alpha_0} + \frac{W}{L}} \right)$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} - W \right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} + W \right)^2 + L^2} \\ : \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} - W \right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} + W \right)^2 + L^2}$$

で表すことができる条件式であることを特徴とする請求項 18 に記載の 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 20】 右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度をそれぞれ $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ とし、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度を n_1, n_2, n_3, n_4 とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の

中心線 Y と各車輪の間の距離を W とし、左右の前車輪を結ぶ直線の中点 P 0 の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度を α_0 としたとき、角度 α_0 を操舵指令とし、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式が、

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{1}{\tan \alpha_0} - \frac{W}{2L}} \right)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{1}{\tan \alpha_0} + \frac{W}{2L}} \right)$$

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(\frac{2L}{\tan \alpha_0} - W \right)^2 + (2L)^2} : \sqrt{\left(\frac{2L}{\tan \alpha_0} + W \right)^2 + (2L)^2} : \left| \frac{2L}{\tan \alpha_0} - W \right| : \left| \frac{2L}{\tan \alpha_0} + W \right|$$

で表すことができる条件式であることを特徴とする請求項 18 に記載の 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 21】 操舵指令値に微小操舵指令値を加える回数を 3 回以下とした請求項 1 ないし請求項 20 のいずれか 1 項に記載の 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 22】 所定の操舵モードは、車両の前進・後進モードを含む複数種類の操舵モードから任意に選択される操舵モードであって、操舵モード変更時に各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を、 $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0$ の直進方向にリセットした後に、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を個別に変化させることを特徴とする請求

項 1 ないし請求項 2 1 のいずれか 1 項に記載の 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【請求項 2 3】 所定の操舵モードは、車両の前進・後進モードを含む複数種類の操舵モードから任意に選択される操舵モードであって、操舵モード変更時に各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ が、操舵モード変更後の操舵拘束条件式を満たした後に、車両を走行駆動することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 2 2 のいずれか 1 項に記載の 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は、4 輪独立操舵で走行する車両（殊に電気移動車両）の操舵制御方法に関するもので、車両を走行させる施設の通路形態や通路周縁の物体の配置状況に適応する操舵モードで車両を円滑・安全に走行させるための車両の操舵制御方法に関するものである。なお、この発明において「操舵モード」とは、操舵によって車両の各車輪が描く軌跡の基本パターンを意味する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

医療機関、福祉施設、物流基地、コンピュータ格納ビル、大型商業施設、図書館、スポーツ・娯楽施設、遊園地などの各種の屋内外施設において、その屋内外施設の通路形態や通路周縁の物体の配置状況に応じて、適当な操舵モードで 4 輪独立操舵の電気移動車両を走行制御する方法が、既に特願 2 0 0 1 - 3 5 1 1 2 7 号特許出願によって提案されている。

【0 0 0 3】

すなわち特願 2 0 0 1 - 3 5 1 1 2 7 号特許出願明細書には、左右の前車輪と左右の後車輪がそれぞれ個別の操舵モータと駆動モータによって操舵・駆動制御される電気移動車両を、幾つかの種類の異なる操舵モード M 1 , M 2 , M 3 , M 4 , M 5 で操舵することが示され、操舵モードの事例として、右後車輪の走行軌跡と左後車輪の走行軌跡がそれぞれ右前車輪の走行軌跡と左前車輪の走行軌跡に追従する操舵モード M 1 、前車輪および後車輪の走行軌跡が互いに並行軌跡とな

る操舵モードM2、前車輪の旋回軌跡に対し後車輪の旋回軌跡がいわゆる内輪差軌跡となる操舵モードM3、右後車輪を中心として車両を右回りに旋回させあるいは左後車輪を中心として車両を左回りに旋回させる操舵モードM4、右前車輪を中心として車両を右回りに旋回させあるいは左前車輪を中心として車両を左回りに旋回させる操舵モードM5が示されている。そして操舵モードM1, M2, M3, M4, M5の中から通路の状況に適合する操舵モードを選定して、その選定された所定の操舵モードの形成に必要な操舵拘束条件式（略して「条件式」という）に従って各操舵モータと各駆動モータの回転を制御し、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 と回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 を制御する操舵制御方法が提案されている。

【0004】

そして、上記の各操舵モードに沿う操舵拘束条件式（条件式）として、次の諸式が提案されている。

操舵モードM1に対して：

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R-W} \right)$$

・・・・・・・・式 (E 1 1)

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R+W} \right)$$

・・・・・・・・式 (E 1 2)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{(R-W)^2 + L^2} : \sqrt{(R+W)^2 + L^2} \\ : \sqrt{(R-W)^2 + L^2} : \sqrt{(R+W)^2 + L^2}$$

・・・・・・・・式 (E 1 3)

操舵モードM2に対して：

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4$$

・・・・・・・・式 (E 2 1)

$$n_1 = n_2 = n_3 = n_4$$

．．．．．式 (E 2 2)

操舵モードM3に対して：

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R-W} \right)$$

．．．．．式 (E 3 1)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R+W} \right)$$

．．．．．式 (E 3 2)

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

．．．．．式 (E 3 3)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{(R-W)^2 + (2L)^2} : \sqrt{(R+W)^2 + (2L)^2} : |R-W| : |R+W|$$

．．．．．式 (E 3 4)

操舵モードM4に対して：

右旋回時において、

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$$

．．．．．式 (E 4 1)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{W} \right)$$

．．．．．式 (E 4 2)

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

．．．．．式 (E 4 3)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = L : \sqrt{W^2 + L^2} : 0 : W$$

．．．．．式 (E 4 4)

左旋回時において、

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left(-\frac{L}{W}\right)$$

．．．．．式（E 4 5）

$$\alpha_2 = -\frac{\pi}{2}$$

．．．．．式（E 4 6）

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

．．．．．式（E 4 7）

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{W^2 + L^2} : L : W : 0$$

．．．．．式（E 4 8）

操舵モードM 5 に対して：

右旋回時において、

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

．．．．．式（E 5 1）

$$\alpha_3 = -\frac{\pi}{2}$$

．．．．．式（E 5 2）

$$\alpha_4 = \tan^{-1}\left(-\frac{L}{W}\right)$$

．．．．．式（E 5 3）

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = 0 : W : L : \sqrt{W^2 + L^2}$$

．．．．．式（E 5 4）

左旋回時において、

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

．．．．．式（E 5 5）

$$\alpha_3 = \tan^{-1}\left(\frac{L}{W}\right)$$

．．．．．式（E 5 6）

$$\alpha_4 = \frac{\pi}{2}$$

．．．．．式 (E 5 7)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = W : 0 : \sqrt{W^2 + L^2} : L$$

．．．．．式 (E 5 8)

但し、上記条件式において、

α_1 は右前車輪に対する操舵角度.

α_2 は左前車輪に対する操舵角度.

α_3 は右後車輪に対する操舵角度.

α_4 は左後車輪に対する操舵角度.

n_1 は右前車輪に対する回転速度.

n_2 は左前車輪に対する回転速度.

n_3 は右後車輪に対する回転速度.

n_4 は左後車輪に対する回転速度.

L は前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離.

W は右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離.

R は各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の、同心円弧の中心と、各車輪の位置に対する中心点の間の距離. (車両の中心から車両の旋回中心までの距離、すなわち車両の回転半径)

【0 0 0 5】

しかしながら、車両の進行方向を変えるために、距離 (車両の回転半径) R を操舵指令値として、操舵指令値 R の設定値を増加あるいは減少させることにより、上記の条件式に従って各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を減少あるいは増加させて車両の進行方向を変える場合、操舵指令値 R を現在の操舵指令値 R_1 から所望の操舵指令値 R_2 へ設定を変えても、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が上記条件式で規定される新たな操舵角度に到達する迄に若干の時間差 (操舵指令追従時間) が生ずることから、その操舵指令追従時間の間の操舵過程において、左右両車輪の相互の向きが車両の進行方向に対し先拡がり状態とな

る開脚現象や、左右両車輪の相互の向きが車両の進行方向に対し先ずばみ状態となる閉脚現象が生ずる惧れがある。なお、開脚現象と閉脚現象を総じて開閉脚現象という。そして操舵過程において開閉脚現象が生ずると、操舵機構に無理な力が加わって故障の原因になる上に、車両上の人や物の安定が損なわれて危険を伴う。

【0006】

また、実際に車両に乗車して操舵する運転者にとって車輪の操舵角度（車両の走行方向）と距離 R の間の物理的関係を直感的・体感的に捉えることが難しい上に、距離 R は、車両の直進方向を境にその左右で $-\infty$ から $+\infty$ へ、あるいは $+\infty$ から $-\infty$ へと不連続に反転することから、このような不連続に変化する距離 R を、操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ の操舵指令値、すなわち操舵角度設定パラメータとして用いることは運転実務上好ましいとは言えない。

【0007】

【特許文献1】

特願 2001-351127 号特許出願明細書

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

この発明は、上記のような操舵上の問題点に鑑み、4輪独立操舵車両の操舵過程において車輪の開閉脚現象が生じないようにすると共に、車両の回転（旋回）半径に相当する距離 R に代わる操舵指令値を用いることにより、すなわち操舵指令値と車両走行方向の物理的関係が、車両を運行する運転者の操舵感覚に照らして分かり易くなる操舵指令値を用いることにより、運転者の操舵操作の錯覚を防ぎ、所望の方向へ迅速的確に操舵できるようにしようとするものである。また、車両の停止時から走行始動する際、あるいは操舵モードの変更時に、車両に衝撃が及ぶことを防止し、また車両が意図しない方向に始動・走行することがないようにしようとするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

この発明は、上記の課題を解決して目的を達するために、次のような各種の手

段を用いる。

【0010】

この発明は、4輪独立操舵車両の操舵過程で車輪の開閉脚現象が生じないようにするために、操舵指令値を変えることにより所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、操舵拘束条件式の中の一つの変数を操舵指令値 S とし、その操舵指令値 S を S_1 から S_2 へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を、操舵指令値 S_1 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1}$ から操舵指令値 S_2 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_2}$ へ移行する過程で、操舵指令値 S_1 に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S_1 + \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(S_1 + \Delta S)$ に更に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S_1 + 2\Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔS を順次加えた操舵指令値 $(S_1 + n\Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_2}$ へ変化させることにより4輪独立操舵車両の操舵制御を行う。

【0011】

また、車輪の駆動モータが同期モータあるいは誘導モータの場合、各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ と回転速度 $n 1$, $n 2$, $n 3$, $n 4$ を個別に変化させて操舵制御する。すなわち、操舵指令値を変えることにより所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ と各回転速度 $n 1$, $n 2$, $n 3$, $n 4$ を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、操舵拘束条件式中の一つの変数を操舵指令値 S とし、その操舵指令値 S を $S 1$ から $S 2$ へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を、操舵指令値 $S 1$ に対応する各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1}$ から操舵指令値 $S 2$ へ対応する各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 2}$ に移行する過程で、操舵指令値 $S 1$ に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S 1 + \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + \Delta S}$ と微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{S 1 + \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + \Delta S}$ とその微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{S 1 + \Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ と各回転速度 $n 1$, $n 2$, $n 3$, $n 4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + \Delta S}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(S 1 + \Delta S)$ に更に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S 1 + 2 \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + 2 \Delta S}$ と微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{S 1 + 2 \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + 2 \Delta S}$ とその微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{S 1 + 2 \Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ と各回転速度 $n 1$, $n 2$, $n 3$, $n 4$ を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔS を順次加えた操舵指令値 $(S 1 + n \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + n \Delta S}$ と微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{S 1 + n \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + n \Delta S}$

+ $n \Delta S$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]$ $S_1 + n \Delta S$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $S_1 + n \Delta S$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ S_1 から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ S_2 へ変化させることにより 4 輪独立操舵車両の操舵制御を行う。

【0012】

そして実際に用いる操舵指令値の例として、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離 R を操舵指令値として用いる。すなわち、操舵指令値を変えることにより所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離 R を操舵指令値とし、その操舵指令値 R を R_1 から R_2 へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を、操舵指令値 R_1 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ R_1 から操舵指令値 R_2 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ R_2 へ移行する過程で、操舵指令値 R_1 に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 $(R_1 + \Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $R_1 + \Delta R$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $R_1 + \Delta R$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $R_1 + \Delta R$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(R_1 + \Delta R)$ に更に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 $(R_1 + 2 \Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $R_1 + 2 \Delta R$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $R_1 + 2 \Delta R$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔR を順次

加えた操舵指令値 ($R_1 + n \Delta R$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + n \Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + n \Delta R}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + n \Delta R}$ に到達して舵角整合したこと
の検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_2}$ へ変化させることにより 4 輪独立操舵車両の操舵制御を行う。

【0013】

また、車輪の駆動モータが同期モータあるいは誘導モータの場合、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離 R を操舵指令値とし、その操舵指令値 R を R_1 から R_2 へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を、操舵指令値 R_1 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1}$ から操舵指令値 R_2 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_2}$ へ移行する過程で、操舵指令値 R_1 に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 ($R_1 + \Delta R$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + \Delta R}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{R_1 + \Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + \Delta R}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{R_1 + \Delta R}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + \Delta R}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 ($R_1 + \Delta R$) に更に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 ($R_1 + 2 \Delta R$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + 2 \Delta R}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{R_1 + 2 \Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + 2 \Delta R}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{R_1 + 2 \Delta R}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度

$\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ が操舵整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔR を順次加えた操舵指令値 $(R 1 + n \Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4] R 1 + n \Delta R$ と微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4] R 1 + n \Delta R$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4] R 1 + n \Delta R$ とその微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4] R 1 + n \Delta R$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ と各回転速度 $n 1, n 2, n 3, n 4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4] R 1 + n \Delta R$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4] R 1$ から各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4] R 2$ へ変化させることにより輪独立操舵車両の操舵制御を行う。

【0 0 1 4】

また、特に多用されると考えられる所定の操舵モードの例として、右後車輪の走行軌跡と左後車輪の走行軌跡がそれぞれ右前車輪の走行軌跡と左前車輪の走行軌跡に追従する操舵モード（略して「操舵モードM1」という）と、前車輪の旋回軌跡に対し後車輪の旋回軌跡がいわゆる内輪差軌跡となる操舵モード（略して「操舵モードM3」という）について、操舵モードを形成する操舵拘束条件式を明示する。

【0 0 1 5】

すなわち、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離 R を操舵指令値とした場合、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ とし、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度を $n 1, n 2, n 3, n 4$ とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離を W として、操舵モードM1を形成する操舵拘束条件式を、

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R - W} \right)$$

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1}\left(\frac{L}{R+W}\right)$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{(R-W)^2 + L^2} : \sqrt{(R+W)^2 + L^2} \\ : \sqrt{(R-W)^2 + L^2} : \sqrt{(R+W)^2 + L^2}$$

で表すことができる条件式とし、

操舵モード M 3 を形成する操舵拘束条件式を、

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left(\frac{2L}{R-W}\right)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1}\left(\frac{2L}{R+W}\right)$$

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{(R-W)^2 + (2L)^2} : \sqrt{(R+W)^2 + (2L)^2} \\ : |R-W| : |R+W|$$

で表すことができる条件式とする。

なお、操舵制御にあたり右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度 n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 を強制制御する必要がない場合は、上記の

$n_1 : n_2 : n_3 : n_4$ に関する条件式は不要である。

【0 0 1 6】

またこの発明は、操舵指令値を運転者の操舵方向感覚に適合したものとして運転者の操舵操作の錯覚を防ぎ所望の方向への操舵を確実に実行できるようにするために、上記の操舵指令値 R （車両の回転半径に相当する距離 R ）に代わる操舵指令値として、車両上の任意の点 P_n の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_n 、あるいは左右の前車輪を結ぶ直線の中点 P_0 の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_0 を用いる。

【0017】

すなわち、この発明は、操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、車両上の任意の点 P_n の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_n を操舵指令値とし、その操舵指令値 α_n を α_{n1} から α_{n2} へ変えて、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を、操舵指令値 α_{n1} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1}}$ から操舵指令値 α_{n2} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n2}}$ へ移行する過程で、操舵指令値 α_{n1} に微小操舵指令値 $\Delta\alpha_n$ を加えた操舵指令値 ($\alpha_{n1} + \Delta\alpha_n$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + \Delta\alpha_n}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + \Delta\alpha_n}$ に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させ、各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + \Delta\alpha_n}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 ($\alpha_{n1} + \Delta\alpha_n$) に更に微小操舵指令値 $\Delta\alpha_n$ を加えた操舵指令値 ($\alpha_{n1} + 2\Delta\alpha_n$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + 2\Delta\alpha_n}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + 2\Delta\alpha_n}$ に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 $\Delta\alpha_n$ を順次加えた操舵指令値 ($\alpha_{n1} + n\Delta\alpha_n$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + n\Delta\alpha_n}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + n\Delta\alpha_n}$ に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させ、各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + n\Delta\alpha_n}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1}}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n2}}$ へ変化させることにより4輪独立操舵車両の操舵制御を行う。

【0018】

あるいはまた、操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、車両上の任意の点 P_n の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_n を操舵指令値とし、その操舵指令値 α_n を α_{n1} から α_{n2} へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を、操舵指令値 α_{n1} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1}}$ から操舵指令値 α_{n2} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n2}}$ へ移行する過程で、操舵指令値 α_{n1} に微小操舵指令値 $\Delta \alpha_n$ を加えた操舵指令値 ($\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 ($\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n$) に更に微小操舵指令値 $\Delta \alpha_n$ を加えた操舵指令値 ($\alpha_{n1} + 2 \Delta \alpha_n$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + 2 \Delta \alpha_n}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n1} + 2 \Delta \alpha_n}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + 2 \Delta \alpha_n}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n1} + 2 \Delta \alpha_n}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 $\Delta \alpha_n$ を順次加えた操舵指令値 ($\alpha_{n1} + n \Delta \alpha_n$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + n \Delta \alpha_n}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n1} + n \Delta \alpha_n}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + n \Delta \alpha_n}$ と

その微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]$ $\alpha_{n1} + n \Delta \alpha_n$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $\alpha_{n1} + n \Delta \alpha_n$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ α_{n1} から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ α_{n2} へ変化させることにより 4 輪独立操舵車両の操舵制御を行う。

【0019】

そして、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ とし、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度を n_1, n_2, n_3, n_4 とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離を W とし、車両上の任意の点 P_n の X 座標を x_n 、Y 座標を y_n とし、点 P_n の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度を α_n とし、角度 α_n を操舵指令値として、所定の操舵モード M1 を形成する操舵拘束条件式を、

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} - W} \right)$$

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} + W} \right)$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W\right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W\right)^2 + L^2} \\ : \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W\right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W\right)^2 + L^2}$$

で表すことができる条件式とし、

所定の操舵モードM3を形成する操舵拘束条件式を、

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W} \right)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W} \right)$$

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W\right)^2 + (2L)^2} : \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W\right)^2 + (2L)^2} \\ : \left| xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W \right| : \left| xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W \right|$$

で表すことができる条件式とする。

なお、操舵制御にあたり右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度 n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 を強制制御する必要がない場合は、上記の

$n_1 : n_2 : n_3 : n_4$ に関する条件式は不要である。

【0020】

またこの発明は、操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モード

を形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、左右の前車輪を結ぶ直線の中点 P_0 の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_0 を操舵指令値とし、その操舵指令値 α_0 を α_{01} から α_{02} へ変えて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を、操舵指令値 α_{01} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01}}$ から操舵指令値 α_{02} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{02}}$ へ移行する過程で、操舵指令値 α_{01} に微小操舵指令値 $\Delta\alpha_0$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{01} + \Delta\alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta\alpha_0}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta\alpha_0}$ に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させ、各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta\alpha_0}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(\alpha_{01} + \Delta\alpha_0)$ に更に微小操舵指令値 $\Delta\alpha_0$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0}$ に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させ、以後同様に、各車輪の各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 $\Delta\alpha_0$ を順次加えた操舵指令値 $(\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0}$ に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させ、各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01}}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{02}}$ へ変えることにより 4 輪独立操舵車両の操舵制御を行なう。

【0021】

あるいはまた、操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形

成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、左右の前車輪を結ぶ直線の中点 P_0 の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_0 を操舵指令値とし、その操舵指令値 α_0 を α_{01} から α_{02} へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を、操舵指令値 α_{01} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01}}$ から各操舵指令値 α_{02} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{02}}$ へ移行する過程で、操舵指令値 α_{01} に微小操舵司令値 $\Delta\alpha_0$ を加えた操舵司令値 $(\alpha_{01} + \Delta\alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta\alpha_0}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{01} + \Delta\alpha_0}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta\alpha_0}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{01} + \Delta\alpha_0}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta\alpha_0}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(\alpha_{01} + \Delta\alpha_0)$ に更に微小操舵指令値 $\Delta\alpha_0$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0}$ と微小移行回転速度 $(n_1, n_2, n_3, n_4)_{\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0}$ とその微小移行回転速度 $(n_1, n_2, n_3, n_4)_{\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 $\Delta\alpha_0$ を順次加えた操舵指令値 $(\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)_{\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0}$ と微小移行回転速度 $(n_1, n_2, n_3, n_4)_{\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n

4を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_0 1 + n \Delta \alpha_0}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_0 1}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_0 2}$ へ変えることにより4輪独立操舵車両の操舵制御を行なう。

【0022】

そして、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ とし、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度を n_1, n_2, n_3, n_4 とし、前車輪と後車輪の間の中心線Xと各車輪の間の距離をLとし、右車輪と左車輪の間の中心線Yと各車輪の間の距離をWとし、左右の前車輪を結ぶ直線の中点P0の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線Yとなす角度を α_0 とし、角度 α_0 を操舵指令値として、所定の操舵モードM1を形成する操舵拘束条件式を、

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{L}{\tan \alpha_0} - \frac{W}{L}} \right)$$

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{L}{\tan \alpha_0} + \frac{W}{L}} \right)$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} - W \right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} + W \right)^2 + L^2} \\ : \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} - W \right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} + W \right)^2 + L^2}$$

で表すことができる条件式とし、

所定の操舵モードM3を形成する操舵拘束条件式を、

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{1}{\tan \alpha_0} - \frac{W}{2L}} \right)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{1}{\tan \alpha_0} + \frac{W}{2L}} \right)$$

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(\frac{2L}{\tan \alpha_0} - W \right)^2 + (2L)^2} : \sqrt{\left(\frac{2L}{\tan \alpha_0} + W \right)^2 + (2L)^2} : \left| \frac{2L}{\tan \alpha_0} - W \right| : \left| \frac{2L}{\tan \alpha_0} + W \right|$$

で表すことができる条件式とする。

なお、操舵制御にあたり右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度 n_1 ， n_2 ， n_3 ， n_4 を強制制御する必要がない場合は、上記の

$n_1 : n_2 : n_3 : n_4$ に関する条件式は不要である。

【0 0 2 3】

さらにこの発明は、車両が停止状態から走行始動する際、あるいは操舵モードの変更時に、車両の走行に衝撃が生ずることなく車両を所定の操舵モードで所望に方向へ正しく円滑に始動させ走行させるために、車両の前進・後進モードを含む複数種類の操舵モードにおける操舵モード変更時に、各車輪の操舵角度 α_1 ， α_2 ， α_3 ， α_4 を一旦 $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0$ の直進方向にリセットした後に、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って各操舵角度 α_1 ， α_2 ， α_3 ， α_4 を個別に変化させる。

【0024】

そしてまた、車両の前進・後進モードを含む複数種類の操舵モードの中から任意に選択される所定の操舵モードを変更する際には、各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ が、操舵モード変更後の操舵拘束条件式を満たした後に、車両を走行駆動する。

【0025】

【発明の実施の形態】

この発明の基本的な実施形態の一つは、操舵指令値を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、操舵拘束条件式中の一つの変数を操舵指令値 S とし、その操舵指令値 S を $S 1$ から $S 2$ へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を、操舵指令値 $S 1$ に対応する各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1}$ から操舵指令値 $S 2$ に対応する各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 2}$ へ移行する過程で、操舵指令値 $S 1$ に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S 1 + \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + \Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + \Delta S}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(S 1 + \Delta S)$ に更に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S 1 + 2 \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + 2 \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + 2 \Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔS を順次加えた操舵指令値 $(S 1 + n \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + n \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{S 1 + n \Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$,

$\alpha 4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4] S_1 + n \Delta S$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4] S_1$ から各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4] S_2$ へ変化させる 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法である。

【0026】

また、この発明の基本的な他の実施形態は操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ と各回転速度 $n 1, n 2, n 3, n 4$ を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、操舵拘束条件式中の一つの変数を操舵指令値 S とし、その操舵指令値 S を S_1 から S_2 へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ を、操舵指令値 S_1 に対応する各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4] S_1$ から操舵指令値 S_2 へ対応する各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4] S_2$ に移行する過程で、操舵指令値 S_1 に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S_1 + \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4] S_1 + \Delta S$ と微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4] S_1 + \Delta S$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4] S_1 + \Delta S$ とその微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4] S_1 + \Delta S$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ と各回転速度 $n 1, n 2, n 3, n 4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4] S_1 + \Delta S$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(S_1 + \Delta S)$ に更に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S_1 + 2 \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4] S_1 + 2 \Delta S$ と微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4] S_1 + 2 \Delta S$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4] S_1 + 2 \Delta S$ とその微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4] S_1 + 2 \Delta S$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ と各回転速度 $n 1, n 2, n 3, n 4$ を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔS を順次

加えた操舵指令値 ($S_1 + n \Delta S$) に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $S_1 + n \Delta S$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]$ $S_1 + n \Delta S$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $S_1 + n \Delta S$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]$ $S_1 + n \Delta S$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $S_1 + n \Delta S$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ S_1 から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ S_2 へ変化させる 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法である。

【0027】

【実施例】

以下この発明を、その実施例を示す図面を参考に説明する。図 1 はこの発明に係る電気移動車両の車体ベースの基本構成を示す平面図、図 2 は同車体ベースに装着される車輪操舵・駆動ブロックの斜視図である。図 1 において、1 は電気移動車両の車体ベースで、点 P_1, P_2 は車体ベース 1 の下面に装着される左右二つの前車輪の位置を示し、点 P_3, P_4 は車体ベース 1 の下面に装着される左右二つの後車輪の位置を示すものである。また、21 は右前車輪、22 は左前車輪、23 は右後車輪、24 は左後車輪をそれぞれ示し、矢印 N は車両の前方直進方向を示している。点 P_1, P_2, P_3, P_4 の位置（車輪 21, 22, 23, 24 の位置）は長方形の各頂点の位置にあって、 O はその長方形の中心点、すなわち各点 P_1, P_2, P_3, P_4 に対する中心点である。X 軸と Y 軸は中心点 O を通る直交座標軸でこの発明を説明するために仮想設定したものである。そして X 軸は前車輪 21, 22 と後車輪 23, 24 の間の中心線（車両の左右方向の中心線）であり、Y 軸は右車輪 21, 23 と左車輪 22, 24 の間の中心線（車両の前後方向の中心線）である。なお Y 軸の方向は前記矢印 N に示す車両の前方直進方向と同じであり、 H_1 は点 P_1, P_2 を結ぶ前車輪軸線で前車輪 21, 22 の仮想車軸に相当し、 H_2 は点 P_3, P_4 を結ぶ後車輪軸線で後車輪 23, 24 の仮想車軸に相当する。 L は X 軸から各点 P_1, P_2, P_3, P_4 までの距離、 W

はY軸から各点P 1, P 2, P 3, P 4までの距離である。また、P 0は右前車輪の位置P 1と左前車輪の位置P 2を結ぶ直線の中点を示している。さらにまた、P nは車体ベース1上の任意の点で、例えば車両の運転者が立つ位置であり、点P nの位置は直交座標軸X, Yに対する座標(X座標: x_n , Y座標: y_n)で示されている。A 0は車両の走行に伴う点P 0の移動方向を示し、 α 0は点P 0の移動方向A 0が車両の中心線Yとなす角度(操舵に伴う中点P 0の移動方向角度)を示している。A nは車両の走行に伴う点P nの移動方向を示し、 α nは点P nの移動方向A nが車両の中心線Yとなす角度(操舵に伴う点P nの移動方向角度)を示している。

【0028】

n 1, n 2, n 3, n 4は、それぞれ右前車輪2 1, 左前車輪2 2, 右後車輪2 3, 左後車輪2 4の回転速度を表し、 α 1, α 2, α 3, α 4は、それぞれ車両の操舵制御時における右前車輪2 1, 左前車輪2 2, 右後車輪2 3, 左後車輪2 4の操舵角度を表している。なお、A 1, A 2, A 3, A 4は、それぞれ車両の操舵制御時における右前車輪2 1, 左前車輪2 2, 右後車輪2 3, 左後車輪2 4の向き(走行向き)を表している。

【0029】

車両の操舵制御時における各車輪2 1, 2 2, 2 3, 2 4の回転速度n 1, n 2, n 3, n 4とその操舵角度 α 1, α 2, α 3, α 4は、それぞれ個別に独立制御されるもので、そのために図2に示すように、前車輪2 1, 2 2と後車輪2 3, 2 4のそれぞれに回転速度制御用の駆動モータ2 1 a, 2 2 a, 2 3 a, 2 4 aと操舵角度制御用の操舵モータ2 1 b, 2 2 b, 2 3 b, 2 4 bが連結されて個別の操舵・駆動ブロックB 1, B 2, B 3, B 4が形成されている。また、車両の走行制御時における各車輪2 1, 2 2, 2 3, 2 4の実際の走行向き(実際の操舵角度)を操舵角度センサーで検出し、その検出信号を制御系にフィードバックして、運転者が設定した操舵指令値に対応する操舵角度 α 1, α 2, α 3, α 4通りの操舵制御が維持されるようにしている。また、上記の車両に対して、操舵モードM 1, M 2, M 3, M 4, M 5の操舵モードが用意され、各操舵モードを形成するために必要な各車輪の操舵角度と回転速度を算出する演算プログラ

ムを備えた演算手段（コンピュータ）が電気移動車両に組み込まれている。なお、車輪の駆動モータには、直流モータ、同期モータ、誘導モータ 4 などが用いられるが、4 個の駆動モータに同一仕様の直流モータを採用しこれらを直列接続とする場合は、4 個の駆動モータの電気回路的な相補作用により、車輪の空転が無い限り、回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 の比は拘束条件式を自動的に満たすので、駆動モータを個別に独立制御する必要はない。

【0 0 3 0】

操舵モード M 1 は、図 3 に示すように、前車輪の操舵角度 α_1 , α_2 と後車輪の操舵角度 α_3 , α_4 を互いに車両の進行方向に対し左右逆方向に切って左右の後車輪の軌跡がそれぞれ左右の前車輪の軌跡に追従する操舵モードである。なお図 3 において、点 P 5（X 座標：R, Y 座標：0）は車両の右回り旋回（時計回り旋回）（CW）時の中心となる点を示し、点 P 6（X 座標：-R, Y 座標：0）は車両の左回り旋回（反時計回り旋回）（CCW）時の中心となる点を示している。操舵モード M 1 においては、図 3 に示されるように、各車輪の旋回軌跡は同心円弧となるが、点 P 5, P 6 はその同心円弧の中心となる点でもある。そして図 3 に照らせば明らかなように、操舵モード M 1 で走行するためには、操舵角度 α_1 , α_2 が次の表 1 に示す条件下において、各車輪 2 1, 2 2, 2 3, 2 4 の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 と回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 について次の操舵拘束条件式（条件式）（E 1 1）,（E 1 2）,（E 1 3）が満たされ維持されなければならない。

【0 0 3 1】

【表 1】

操 舵 角 度 条 件	α_1	α_2
$W \leq R $	$-\frac{\pi}{2} < \alpha_1 \leq \frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2} \leq \alpha_2 < \frac{\pi}{2}$
$0 \leq R < W$ (CW)	$\frac{\pi}{2} < \alpha_1 < \pi$	$0 < \alpha_2 < \frac{\pi}{2}$
$-W < R \leq 0$ (CCW)	$-\frac{\pi}{2} < \alpha_1 < 0$	$-\pi < \alpha_2 < -\frac{\pi}{2}$

【0032】

操舵角度 条 件	α_1	α_2
$W \leq R $	$-\frac{\pi}{2} < \alpha_1 \leq \frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2} \leq \alpha_2 < \frac{\pi}{2}$
$0 \leq R < W$ (CW)	$\frac{\pi}{2} < \alpha_1 < \pi$	$0 < \alpha_2 < \frac{\pi}{2}$
$-W < R \leq 0$ (CCW)	$-\frac{\pi}{2} < \alpha_1 < 0$	$-\pi < \alpha_2 < -\frac{\pi}{2}$

．．．．．式 (E 1 1)

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R-W} \right)$$

．．．．．式 (E 1 2)

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R+W} \right)$$

．．．．．式 (E 1 3)

【0033】

操舵モードM2は、図4に示すように、前車輪の操舵角度 α_1 、 α_2 と後車輪の操舵角度 α_3 、 α_4 を共に同方向同角度に切って前車輪と後車輪の軌跡を全て平行パターンとし車両が左右・斜めに平行的に移動する操舵モードである。そして図4に照らせば明らかなように、操舵モードM2で走行するためには、各車輪の操舵角度 α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 と回転速度 n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 について次の条件式(E21)、(E22)が満たされ維持されなければならない。

【0034】

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{(R-W)^2 + L^2} : \sqrt{(R+W)^2 + L^2} \\ : \sqrt{(R-W)^2 + L^2} : \sqrt{(R+W)^2 + L^2}$$

．．．．．式 (E 2 1)

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4$$

．．．．．式 (E 2 2)

【0035】

操舵モードM3は、図5に示すように、前車輪の操舵角度 α_1 、 α_2 のみを操舵

する従来の自動車と同様の操舵モードで、前車輪と後車輪相互の軌跡は、いわゆる内輪差軌跡を描く操舵モードである。そして図 5 に照らせば明らかなように、操舵モード M 3 では、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 と回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 について、次の条件式 (E 3 1), (E 3 2), (E 3 3), (E 3 4) が満たされ維持されている。なお図 5 に示されるように、操舵モード M 3 における右旋回を中心となる点 P 5' と左旋回を中心となる点 P 6' は、それぞれ後車輪軸線 H 2 に対し距離 d だけ離れているが、車両の速度が低い場合には $d \div 0$ とみることができる。

【 0 0 3 6 】

$$n_1 = n_2 = n_3 = n_4$$

．．．．．式 (E 3 1)

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R-W} \right)$$

．．．．．式 (E 3 2)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R+W} \right)$$

．．．．．式 (E 3 3)

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

．．．．．式 (E 3 4)

但し、

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{(R-W)^2 + (2L)^2} : \sqrt{(R+W)^2 + (2L)^2} \\ : |R-W| : |R+W|$$

$$-\frac{\pi}{2} < \alpha_1 < \frac{\pi}{2}$$

$$-\frac{\pi}{2} < \alpha_2 < \frac{\pi}{2}$$

なお、車両は低速で走行するので、 $d = 0$ とする。

【0 0 3 7】

操舵モードM4は、図6に示すように、右後車輪（点P3）を中心として車両を右回り旋回（時計回り旋回）（CW）させ、あるいは左後車輪（点P4）を中心として車両を左回り旋回（反時計回り旋回）（CCW）させる操舵モードである。そして図6に照らせば明らかなように、操舵モードM4の走行では、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 と回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 について次の条件式（E41）, （E42）, （E43）, （E44）, （E45）, （E46）, （E47）, （E48）が満たされ維持されなければならない。

【0 0 3 8】

すなわち、右後車輪（点P3）を回転中心として車両を時計回り方向（CW）に旋回させるとき、

$$W < |R|$$

．．．．．式（E41）

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$$

．．．．．式（E42）

$$\alpha_2 = \tan^{-1}\left(\frac{L}{W}\right)$$

．．．．．式（E43）

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

．．．．．式（E44）

但し、

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = L : \sqrt{W^2 + L^2} : 0 : W$$

【0 0 3 9】

すなわち、左後車輪（点P4）を回転中心として車両を反時計回り方向（CCW）に旋回させるとき、

$$0 < \alpha_2 < \frac{\pi}{2}$$

．．．．．式（E45）

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left(-\frac{L}{W}\right)$$

．．．．．式 (E 4 6)

$$\alpha_2 = -\frac{\pi}{2}$$

．．．．．式 (E 4 7)

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

．．．．．式 (E 4 8)

但し、

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{W^2 + L^2} : L : W : 0$$

【0040】

操舵モードM5は、図7に示すように、右前車輪（点P1）を中心として車両を右回り（時計回り）（CW）させ、あるいは左前車輪（点P2）を中心として車両を左回り（反時計回り）（CCW）に旋回させる操舵モードである。そして図7に照らせば明らかなように、操舵モードM5の走行では、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 と回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 について次の条件式（E51）,（E52）,（E53）,（E54）,（E55）,（E56）,（E57）,（E58）が維持されなければならない。

【0041】

すなわち、右前車輪（点P1）を回転中心として車両を時計回り（CW）に旋回させるとき、

$$-\frac{\pi}{2} < \alpha_4 < 0$$

．．．．．式 (E 5 1)

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

．．．．．式 (E52)

$$\alpha_3 = -\frac{\pi}{2}$$

．．．．．式 (E 5 3)

$$\alpha_4 = \tan^{-1}\left(-\frac{L}{W}\right)$$

．．．．．式 (E 5 4)

但し、

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = 0 : W : L : \sqrt{W^2 + L^2}$$

【0042】

すなわち、左前車輪（点 P 2）を回転中心として車両を反時計回り（CCW）に旋回させるとき、

$$-\frac{\pi}{2} < \alpha_4 < 0$$

．．．．．式 (E 5 5)

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

．．．．．式 (E 5 6)

$$\alpha_3 = \tan^{-1}\left(\frac{L}{W}\right)$$

．．．．．式 (E 5 7)

$$\alpha_4 = \frac{\pi}{2}$$

．．．．．式 (E 5 8)

但し、

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = W : 0 : \sqrt{W^2 + L^2} : L$$

【0043】

このようにそれぞれの操舵モード M 1, M 2, M 3, M 4, M 5 において四つの各車輪が辿る軌跡が同じでないことから、各軌跡の円弧長に合わせた回転速度で車輪を駆動しなければならない、各車輪 2 1, 2 2, 2 3, 2 4 の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 と回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 は、操舵遷移中も操舵終了後においても、車両の進行速度および進行方向の指令と、操舵モードによって決定される各条件式 (E 1 1) ~ (E 5 8) の条件を満たすように制御されなければならない。そしてこの条件が満たされない場合には、車輪の空転やスリップ

が生じたり、左右の車輪の間に開閉脚現象が生ずる。

【0 0 4 4】

したがって車両には、操舵モードM1に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式 (E 1 1) (E 1 2) に基づいて各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を演算する演算プログラム、操舵モードM2に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式 (E 2 1) に基づいて各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を演算する演算プログラム、操舵モードM3に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式 (E 3 1), (E 3 2), (E 3 3) に基づいて各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を演算する演算プログラム、操舵モードM4に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式 (E 4 1), (E 4 2), (E 4 3), (E 4 5), (E 4 6), (E 4 7) に基づいて各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を演算する演算プログラム、操舵モードM5に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式 (E 5 1), (E 5 2), (E 5 3), (E 5 5), (E 5 6), (E 5 7) に基づいて各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を演算する演算プログラムが記憶された車輪操舵角度演算手段が搭載されている。

【0 0 4 5】

また車両には、操舵モードM1に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式 (E 1 3) に基づいて各車輪の回転速度 $n 1$, $n 2$, $n 3$, $n 4$ を算出する演算プログラム、操舵モードM2に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式 (E 2 2) に基づいて各車輪の回転速度 $n 1$, $n 2$, $n 3$, $n 4$ を算出する演算プログラム、操舵モードM3に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式 (E 3 4) に基づいて各車輪の回転速度 $n 1$, $n 2$, $n 3$, $n 4$ を算出する演算プログラム、操舵モードM4に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式 (E 4 4), (E 4 8) に基づいて各車輪の回転速度 $n 1$, $n 2$, $n 3$, $n 4$ を算出する演算プログラム、操舵モードM5に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式 (E 5 4), (E 5 8) に基づいて各車輪の回転速度 $n 1$, $n 2$, $n 3$, $n 4$ を演算する演算プログラムが記憶された車輪回転速度演算手段が搭載されている。

【0 0 4 6】

この発明は、車両の走行中すなわち4輪独立操舵車両の操舵過程で常に上記の

操舵拘束条件式を満たすように制御して車輪の開閉脚現象を防止するものであるが、そのために先ず、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を設定し変更するための「操舵指令値」について考える必要がある。

【0047】

例えば操舵モードM1では、先に記したように、操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が式 (E11), 式 (E12) によって定められる。

$$0 < \alpha_3 < \frac{\pi}{2}$$

..... 式 (E11)

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R-W} \right)$$

..... 式 (E12)

ここで、変数は α_1 , α_2 , α_3 , α_4 と R の 5 個で式は 4 個存在するから、変数のうちの一つを決めれば他の四つの変数は一義的に決まる。そして、距離 L と距離 W は車両設計によって決まっているから、距離 R を決めることにより操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 は一義的に決まる。従って、距離 (車両の回転半径) R が「操舵指令値」として用いられてきた。

【0048】

また、例えば操舵モードM3では、先に記したように、操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が式 (E31), 式 (E32), 式 (E33) によって定められる。

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R+W} \right)$$

..... 式 (E31)

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R-W} \right)$$

..... 式 (E32)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R+W} \right)$$

..... 式 (E33)

ここで、変数は $\alpha 1$, $\alpha 2$ と R の 3 個で式は 2 個存在するから、変数のうちの一つを決めれば他の二つの変数は一義的に決まる。そして、距離 L と距離 W は車両設計によって決まっているから、距離 R を決めることにより操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ は一義的に決まる。従って、距離（車両の回転半径）R が「操舵指令値」として用いられてきた。

【0049】

ここで $W=0.5\text{m}$, $L=1\text{m}$ として、距離 R と操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ の値を求めると、操舵モード M1 では図 8 に示す特性となり、操舵モード M3 では図 9 に示す特性となる。次に操舵モード M1 を例にとって、 $R=1\text{m}$ から $R=2\text{m}$ に操舵したときの操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$ の変化を図 8 から調べると、操舵角度 $\alpha 1$ は 63.2 度から 33.7 度に変化してその変化幅は $63.2-33.7=29.5$ 度であり、操舵角度 $\alpha 2$ は 33.7 度から 21.8 度に変化してその変化幅は $33.7-21.8=11.9$ 度であることが分かる。そこで若し操舵角度 $\alpha 1$ と操舵角度 $\alpha 2$ とが同じ角速度で回転したとすれば、操舵角度 $\alpha 2$ が目標値に達した時に操舵角度 $\alpha 1$ は未だ目標値に向けての回転途上にあることになり、進行方向に対して左右の車輪が先拡がりの状態となって開脚現象が生ずる。また、 $R=1\text{m}$ から $R=2\text{m}$ に操舵したときは、これとは逆の閉脚現象が生ずる。開閉脚現象が生ずると、操舵機構に無理が加わるのみならず、車両に乗っている人は前のめりになって危険なので開閉脚現象が生じないようにしなければならない。そして開閉脚現象を防止するためには、車両が動いている総ての時間断面において、条件式の式 (E11), 式 (E12) が満たされていなければならないことが分かる。このことは操舵モード M1 のみならず操舵モード M2, M3, M4, M5 ついても同様である。このように車両の各車輪の操舵角度（各車輪の走行向き）がそれぞれの操舵拘束条件式を満たす角度になることを、本願においては、「舵角整合」という。

【0050】

舵角整合を実現させる一つの方法は、運転者が操舵指令値となる距離 R を変えて新たな操舵指令値（距離）を設定し操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を変える際に、操舵指令値（距離）R を徐々に変化させながら、その時々には操舵拘束条件式を満たす操舵角度を演算して操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を徐々に変化さ

せ、若干の操舵指令追従時間の後に、操舵指令値（距離） R を上記の新たに設定した操舵指令値（変更後の操舵指令目標値）に導くと共に、操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を上記の新たに設定した操舵指令値に対応する所期の操舵角度へ移行させることである。

【0051】

すなわち、操舵指令値を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ と各回転速度 $n 1$, $n 2$, $n 3$, $n 4$ を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離 R を操舵指令値とし、その操舵指令値 R を $R 1$ から $R 2$ へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を、操舵指令値 $R 1$ に対応する各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R 1}$ から操舵指令値 $R 2$ に対応する各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R 2}$ へ移行する過程で、操舵指令値 $R 1$ に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 $(R 1 + \Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R 1 + \Delta R}$ と微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{R 1 + \Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R 1 + \Delta R}$ とその微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{R 1 + \Delta R}$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ と各回転速度 $n 1$, $n 2$, $n 3$, $n 4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R 1 + \Delta R}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(R 1 + \Delta R)$ に更に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 $(R 1 + 2 \Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R 1 + 2 \Delta R}$ と微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{R 1 + 2 \Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R 1 + 2 \Delta R}$ とその微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{R 1 + 2 \Delta R}$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ と各回転速度 $n 1$, $n 2$, $n 3$, $n 4$ を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ が操舵整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔR を順次加えた操舵指令値 $(R 1 + n \Delta R)$ に対して前記

操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + n \Delta R}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{R_1 + n \Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + n \Delta R}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{R_1 + n \Delta R}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + n \Delta R}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_2}$ へ変えるものであり、この操舵制御方法がこの発明の特徴である。

【0052】

次に操舵モード M1 について、距離（車両の回転半径）（操舵指令値）R に対する車輪の操舵角度 α の感度を調べる。一般に次の公式（1），公式（2）があることから、条件式の式（E11）は次のように展開できる。

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

のとき、

$$y = \tan^{-1} x$$

．．．．公式（1）

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{1+x^2}$$

のとき、

$$y = \frac{1}{x}$$

．．．．公式（2）

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{1}{x^2}$$

．．．．．式 (E 1 1)

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R-W} \right)$$

．．．．．式 (1)

同様に

$$\frac{d\alpha_1}{dR} = -\frac{d\alpha_3}{dR} = \frac{1}{1 + \left(\frac{L}{R-W} \right)^2} \frac{(-L)}{(R-W)} = \frac{-L}{(R-W)^2 + L^2}$$

．．．．．式 (2)

ここで、式 (1)、式 (2) に、 $W=0.5m$ 、 $L=1m$ を入れて計算した結果を、図 1 0 に示す。図 1 0 に示されるところから明らかなように、 R が小さい領域では α の R に対する感度は高く、また左右の車輪によって感度が違っていることが分かる。また操舵モードM3についても同様の計算をした結果を図 1 1 に示すが、同様に R が小さい領域で α の R に対する感度は高く、左右の車輪によって感度が違っていることが分かる。

【0 0 5 3】

このように、車輪の操舵角度 α の、距離（車両の回転半径すなわち操舵指令値） R に対する感度は、 R の値によって大きく変わることから、距離（車両の回転半径） R をそのまま操舵指令値とすることは適切ではない。そこで新たに距離 R と時間 t の関数、 $R = f(t)$ を導入し、その関数 $R = f(t)$ を介して車輪の操舵角度 α を制御することが考えられる。その場合の関数の導入過程は次の通りである。

【0 0 5 4】

式 (1) を次のように変形する。

$$\frac{d\alpha_2}{dR} = -\frac{d\alpha_4}{dR} = \frac{-L}{(R+W)^2 + L^2}$$

$$\frac{d\alpha_1}{dR} = \frac{d\alpha_1}{dt} \frac{dt}{dR} = \frac{-L}{(R-W)^2 + L^2}$$

..... 式 (3)

同様に

$$\frac{d\alpha_1}{dt} = \frac{-L}{(R-W)^2 + L^2} \frac{dR}{dt}$$

..... 式 (4)

ここで

$$\frac{d\alpha_2}{dt} = \frac{-L}{(R+W)^2 + L^2} \frac{dR}{dt}$$

とするには (但し, $K = \text{一定値}$)、

$$\frac{d\alpha_1}{dt} = K$$

..... 式 (5)

したがって、

$$\frac{d\alpha_1}{dt} = K = \frac{-L}{(R-W)^2 + L^2} \frac{dR}{dt}$$

..... 式 (6)

$$\frac{1}{(R-W)^2 + L^2} dR = -\frac{K}{L} dt$$

..... 式 (7)

となる。ここで次の公式 (3) を適用すれば式 (13) に至る。すなわち、

$$\int \frac{1}{(R-W)^2 + L^2} dR = -\int \frac{K}{L} dt$$

..... 公式 (3)

$$\int \frac{1}{x^2 + a^2} dx = \frac{1}{a} \tan^{-1} \frac{x}{a}$$

..... 式 (8)

$$\frac{1}{L} \tan^{-1} \left(\frac{R-W}{L} \right) = -\frac{K}{L} t + C$$

．．．．．式 (9)

$$\tan^{-1} \left(\frac{R-W}{L} \right) = -Kt + CL$$

．．．．．式 (1 0)

$$\frac{R-W}{L} = \tan(-Kt + CL)$$

．．．．．式 (1 1)

ここで、 $R=0$, $W=0.5$, $L=1$, $t=0$ とすると、積分定数 CL は、 $CL=0.463648$ (rad) となる。したがって、 $K=-\pi/20$ とすれば、

$$R = W + L \tan(-Kt + CL)$$

．．．．．式 (1 2)

$$R = W - L \tan(Kt + 0.463648)$$

．．．．．式 (1 3)

すなわち、距離 R を式 (1 3) に示す時間 t の関数として変化させればよい。このとき、右前車輪の操舵角度 α_1 、左前車輪の操舵角度 α_2 は、それぞれ次の式 (1 4)、式 (1 5)、式 (1 6) に示すようになる。

$$R = W - L \tan \left(-\frac{\pi}{20} t + 0.463648 \right)$$

．．．．．式 (E 1 1)

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R-W} \right)$$

．．．．．式 (1 4)

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\tan \left(-\frac{\pi}{20} t + 0.463648 \right)} \right)$$

．．．．．式 (E 1 2)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R+W} \right)$$

．．．．．式 (15)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{2W}{L} - \tan \left(-\frac{\pi}{20} t + 0.463648 \right)} \right)$$

．．．．．式 (16)

【0055】

図12は、時間 t に対する距離 R 、右前車輪の操舵角度 α_1 、左前車輪の操舵角度 α_2 の変化を示しており、右前車輪の操舵角度 α_1 は時間 t に対して直線的に変化することが分かる。このように、車両の前後方向の中心線 Y から車両の回転中心までの距離 R を操舵指令値としたとき、 R の変化領域の中で $d\alpha/dR$ は大きく変化するので、これを一定にするような時間 t と距離 R についての新しい関数 $R=f(t)$ (例えば操舵モード $M1$ の場合、 $R=W+L\tan(-Kt+CL)$) を導入し、時間 t の関数として距離 R を制御し、その距離 R から操舵角度 α を制御することによって良好な制御を実現することができる。

【0056】

上述のように、距離 R を操舵指令値として用いると、理論展開の上ではシンプルとなるが、運転者が実際に操舵制御する場合には、運転者にとって操舵操作がやり難いことは否めない。すなわち、距離 R が小さい時と大きい時とでは感度 $d\alpha/dR$ が2桁以上も違い、実際の運転で頻度が高い直進方向近傍の操舵角度範囲において感度 $d\alpha/dR$ が過敏で、また距離 R が $+\infty$ から $-\infty$ へ又 $-\infty$ から $+\infty$ へと不連続に反転し、さらに距離 R が車両の横方向の回転中心までの距離であるため運転者にとって実際の運転感覚と結び付き難いことから、運転者の操舵操作を難しくしている。

【0057】

そこでこの発明では、左右の前車輪を結ぶ直線上の midpoint $P0$ の移動方向が車両の中心線となす角度 α_0 を、距離 R に代えて、操舵指令値とするものである。

【0 0 5 8】

すなわち、例えば操舵モードM1（図3参照）においては、

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{1 - \tan \left(-\frac{\pi}{20} l + 0.463648 \right)} \right)$$

・・・・・・式（17）

$$\tan \alpha_0 = \frac{L}{R}$$

・・・・・・式（18）

式（18）を前記の式（E11），（E12），（E13）に代入すれば、各車輪の操舵角度 α_1 ， α_2 ， α_3 ， α_4 、および各車輪の回転速度 n_1 ， n_2 ， n_3 ， n_4 の比は次式のようになる。

$$R = \frac{L}{\tan \alpha_0}$$

・・・・・・式（19）

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{L}{\tan \alpha_0} - W}{\frac{L}{\tan \alpha_0}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{1 - \frac{W}{L}}{\frac{1}{\tan \alpha_0}} \right)$$

・・・・・・式（20）

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{L}{\tan \alpha_0} + W}{\frac{L}{\tan \alpha_0}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{1 + \frac{W}{L}}{\frac{1}{\tan \alpha_0}} \right)$$

・・・・・・式（21）

【0 0 5 9】

操舵モードM3（図5参照）においては、

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} - W\right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} + W\right)^2 + L^2} \\ : \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} - W\right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} + W\right)^2 + L^2}$$

.....式 (22)

$$\tan \alpha_0 = \frac{2L}{R}$$

.....式 (23)

式 (23) を前記の式 (E31), (E32), (E34) に代入すれば、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 および各車輪の回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 の比は次式のようになる。

$$R = \frac{2L}{\tan \alpha_0}$$

.....式 (24)

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{2L}{\frac{2L}{\tan \alpha_0} - W}}{\frac{2L}{\tan \alpha_0} - W} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{1}{\tan \alpha_0} - \frac{W}{2L}} \right)$$

.....式 (25)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{\tan \alpha_0} + \frac{W}{2L}}} \right)$$

.....式 (26)

【0060】

また、 $W=0.5\text{m}$, $L=1\text{m}$ として、中点 P_0 の移動方向が車両中心線 Y となす角度 α_0 と各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 の関係を求めると、操舵モード $M1$ では図 13 に示すようになり、操舵モード $M3$ では図 14 に示すようにな

る。このように、操舵制御の操舵指令値として、左右の前輪を結ぶ直線上の midpoint P 0 の移動方向が車両中心線 Y となす角度 α_0 を用いることによって、距離 R を操舵指令値として用いる場合に比し、制御系の過敏な特性と不連続特性の弊害を排し、運転者の実際の運転における車両走行方向感覚に沿った操舵制御を行うことができる。

【0 0 6 1】

更にまた、上記の midpoint P 0 に代えて、車両上の任意の点 P n (X 座標：xn, Y 座標：yn) の移動方向が車両中心線 Y となす角度 α_n を操舵指令値とすることもできる。(図 3, 図 5 参照)

【0 0 6 2】

車両上の任意の点 P n (X 座標：xn, Y 座標：yn) の移動方向が車両中心線 Y となす角度 α_n を操舵指令値とする場合、その角度 α_n と点 P n 座標 (xn, yn) の間には次の関係がある。

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(\frac{2L}{\tan \alpha_0} - W\right)^2 + (2L)^2} : \sqrt{\left(\frac{2L}{\tan \alpha_0} + W\right)^2 + (2L)^2} : \left|\frac{2L}{\tan \alpha_0} - W\right| : \left|\frac{2L}{\tan \alpha_0} + W\right|$$

・・・式 (2 7)

$$\tan \alpha_n = \frac{yn}{R - xn}$$

・・・式 (2 8)

【0 0 6 3】

そして操舵モード M 1 においては、上記の式 (2 8) を前記の式 (E 1 1), (E 1 2), (E 1 3) に代入することにより、次式 (2 9), (3 0), (3 1) が導かれ、点 P n の移動方向角度 (操舵指令値) α_n を基に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を制御することができる。

$$R = xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n}$$

・・・式 (E 1 1)

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1}\left(\frac{L}{R-W}\right)$$

.....式 (29)

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1}\left(\frac{L}{xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W}\right)$$

.....式 (E12)

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1}\left(\frac{L}{R+W}\right)$$

.....式 (30)

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1}\left(\frac{L}{xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W}\right)$$

.....式 (31)

【0064】

また操舵モードM3においては、上記の式(28)を前記の式(E31), (E32), (E34)に代入することにより、次式(32), (33), (34)が導かれ、点P_nの移動方向角度(操舵指令値) α_n を基に、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 と回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 を制御することができる。

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W\right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(xn + \frac{ynl}{\tan \alpha_n} + W\right)^2 + L^2} \\ : \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W\right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W\right)^2 + L^2}$$

.....式 (E31)

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left(\frac{2L}{R-W}\right)$$

.....式 (32)

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W} \right)$$

..... 式 (E 3 2)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R + W} \right)$$

..... 式 (3 3)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W} \right)$$

..... 式 (E 3 3)

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

..... 式 (3 4)

【0065】

【発明の効果】

上記実施例からも明らかなように、この発明に係る4輪独立操舵車両の操舵制御方法によれば、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式の中の一つの変数を操舵指令値Sとし、その操舵指令値SをS1からS2へ変えて、各車輪の操舵角度 α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 を、操舵指令値S1に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S1}$ から操舵指令値S2に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S2}$ へ移行する過程で、操舵指令値S1に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S1 + \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S1 + \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S1 + \Delta S}$ に向けて各操舵角度 α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 を変化させ、各操舵角度 α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S1 + \Delta S}$ に到達して舵角整合したことを検知しながら、微小操舵指令値 ΔS を順次加えた操舵指令値 $(S1 + n \Delta S)$

に対して操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]$ $S 1 + n \Delta S$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]$ $S 1 + n \Delta S$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ を変化させて、各車輪の操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ をそれぞれ操舵指令値 $S 1$ に対応する各操舵角度各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]$ $S 1$ から操舵指令値 $S 2$ に対応する各操舵角度各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]$ $S 2$ へ変化させることにより、車両の操舵過程で車輪の開閉脚現象が生ずることを防止することができる。

【0066】

またこの発明によれば、例えば車両上に立つ運転者の位置など、車両上の任意の点 $P n$ の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 αn や、あるいは左右の前車輪を結ぶ直線の中点 $P 0$ の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 $\alpha 0$ を操舵指令値として用いることにより、操舵指令値が運転者の操舵方向感覚に適合したものとなって、運転者の操舵操作の錯覚を防ぎ所望の方向への操舵を迅速正確に実行できるようになる。

【0067】

またこの発明によれば、車両を停止状態から発信させる際、あるいは所定の操舵モードにおける操舵モード変更時に、各車輪の操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ を一旦 $\alpha 1 = \alpha 2 = \alpha 3 = \alpha 4 = 0$ の直進方向にリセットした後に、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ を個別に変化させる。

【0068】

またこの発明によれば、車両の発進時あるいは所定操舵モードの変更時に、各車輪の操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ が、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式を満たした後に、車両を走行駆動させることから、車両が停止状態から始動する際、あるいは操舵モードの変更時に、車両に衝撃を生ずることを防止して走行上の安全性を高め、車両を所定の操舵モードで所望に方向へ正しく円滑に始走行させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

この発明に係る電気移動車両の車体ベースの基本構成を示す平面図。

【図 2】

同車体ベースに装着される車輪駆動・操舵ブロックの斜視図。

【図 3】

操舵モード M1 の説明図。

【図 4】

操舵モード M2 の説明図。

【図 5】

操舵モード M3 の説明図。

【図 6】

操舵モード M4 の説明図。

【図 7】

操舵モード M5 の説明図。

【図 8】

操舵モード M1 における車両回転半径と操舵角度の関係図。

【図 9】

操舵モード M3 における車両回転半径と操舵角度の関係図。

【図 10】

操舵モード M1 における操舵角度の車両回転半径に対する感度の関係図。

【図 11】

操舵モード M3 における操舵角度の車両回転半径に対する感度の関係図。

【図 12】

操舵モード M1 における車両回転半径と操舵角度の時間に対する関係図。

【図 13】

操舵モード M1 における操舵指令値と各車輪の操舵角度の関係図。

【図 14】

操舵モード M3 における操舵指令値と各車輪の操舵角度の関係図。

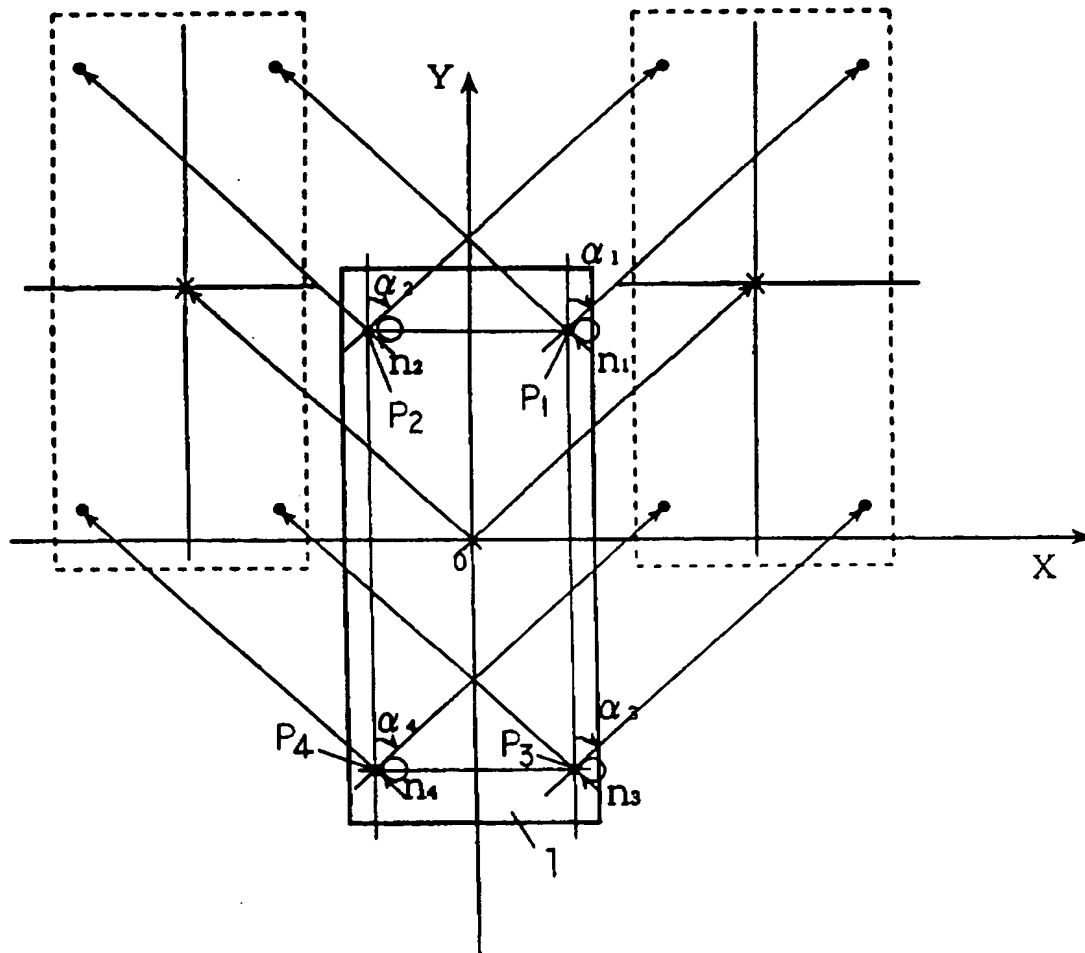
【符号の説明】

1 : 車体ベース

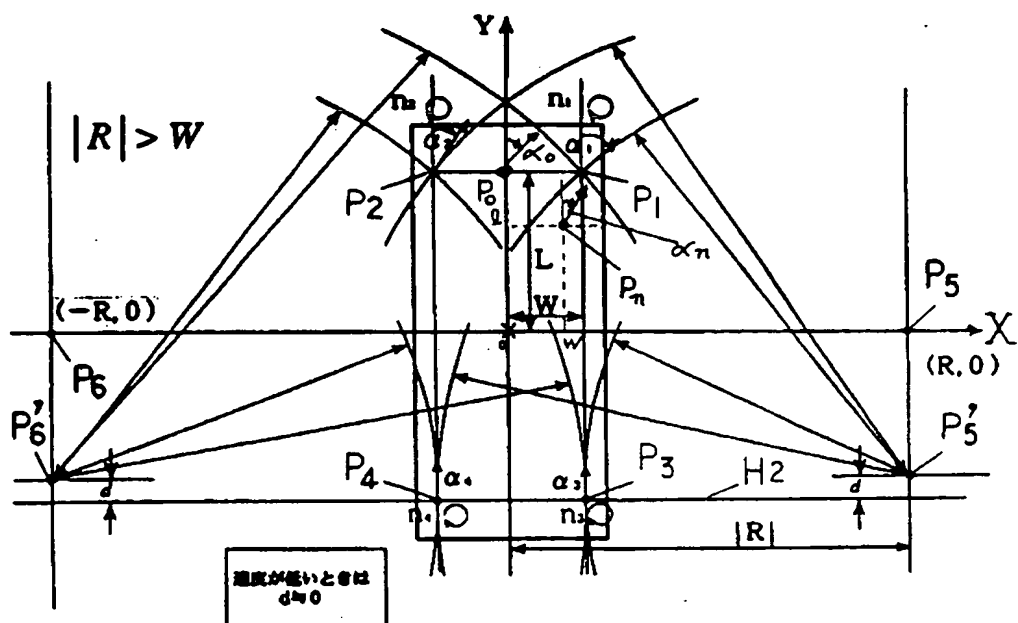
- 2 1 : 右前車輪
- 2 1 a : 右前車輪の駆動モータ 2 1 b : 右前車輪の操舵モータ
- 2 2 : 左前車輪
- 2 2 a : 左前車輪の駆動モータ 2 2 b : 左前車輪の操舵モータ
- 2 3 : 左前車輪
- 2 3 a : 右後車輪の駆動モータ 2 3 b : 右後車輪の操舵モータ
- 2 4 : 左後車輪
- 2 4 a : 左後車輪の駆動モータ 2 4 b : 左後車輪の駆動モータ
- A 1 : 右前車輪の走行向き B 1 : 右前車輪の操舵・駆動ブロック
- A 2 : 左前車輪の走行向き B 2 : 左前車輪の操舵・駆動ブロック
- A 3 : 右後車輪の走行向き B 3 : 右後車輪の操舵・駆動ブロック
- A 4 : 左後車輪の走行向き B 4 : 左後車輪の操舵・駆動ブロック
- A 0 : 左右の前車輪を結ぶ直線上の midpoint の移動方向
- A n : 車両上の任意の点の移動方向
- d : 点 P 5' , P 6' の後車輪軸線 H 2 からの距離
- H 1 : 前車輪軸線 H 2 : 後車輪軸線
- L : 点 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 の車両中心線 X からの距離
- M 1 , M 2 , M 3 , M 4 , M 5 : 操舵モード
- N : 車両の前方直進方向
- n 1 : 右前車輪の回転速度
- n 2 : 左前車輪の回転速度
- n 3 : 右後車輪の回転速度
- n 4 : 左後車輪の回転速度
- O : 各車輪位置 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 に対する中心点
- P 1 : 右前車輪の位置 (点)
- P 2 : 左前車輪の位置 (点)
- P 3 : 右後車輪の位置 (点)
- P 4 : 左後車輪の位置 (点)
- P 5 : 操舵モード M 1 における各車輪の右旋回同心円弧軌跡の中心点

- P 6 : 操舵モード M 1 における各車輪の左旋回同心円弧軌跡の中心点
- P 5' : 操舵モード M 3 における右旋回の中心点
- P 6' : 操舵モード M 3 における左旋回の中心点
- P 0 : 左右の前車輪を結ぶ直線上の中点
- P n : 車両上の任意の点 (X 座標: x_n , Y 座標: y_n)
- R : 操舵指令値 (各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離)
- W : 点 P 1, P 2, P 3, P 4 の車両中心線 Y からの距離
- X : 前車輪と後車輪の間の中心線 (X 軸)
- Y : 右車輪と左車輪の間の中心線 (Y 軸)
- $\alpha 1$: 右前車輪の操舵角度
- $\alpha 2$: 左前車輪の操舵角度
- $\alpha 3$: 右後車輪の操舵角度
- $\alpha 4$: 左後車輪の操舵角度
- $\alpha 0$: 操舵指令値 (左右の前車輪を結ぶ直線上の中点の移動方向が車両中心線 Y となす角度)
- αn : 操舵指令値 (車両上の任意の点の移動方向が車両中心線 Y となす角度)
- $\Delta R, \Delta \alpha n, \Delta \alpha 0$: 微小操舵指令値

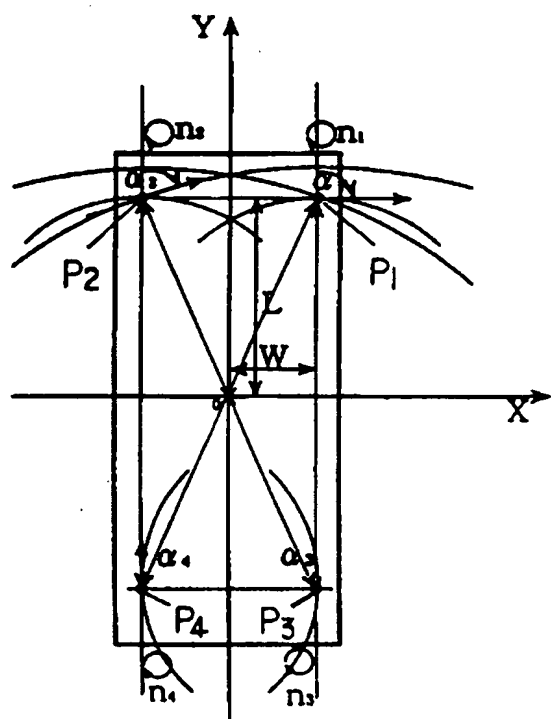
【図 4】



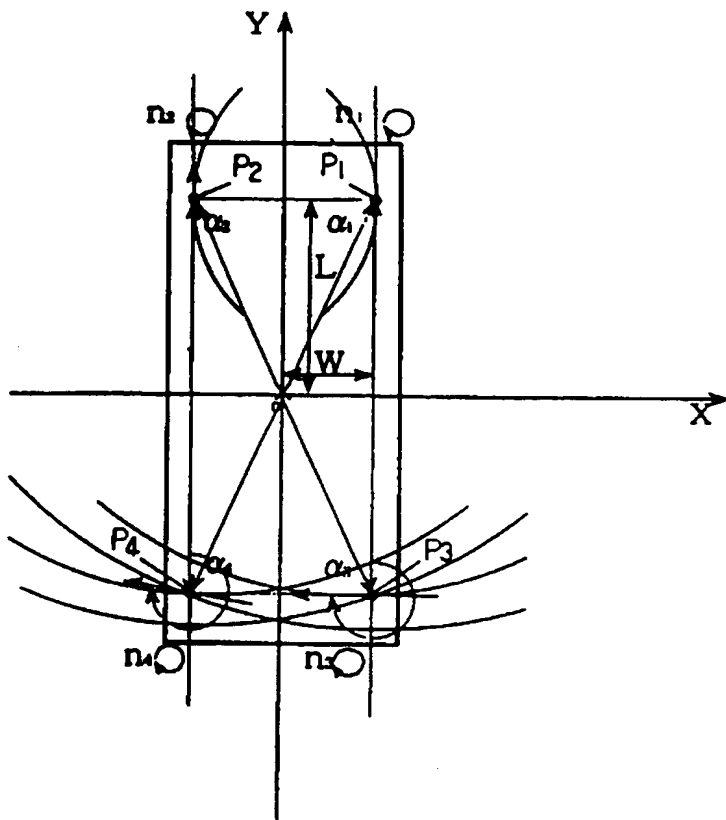
【図 5】



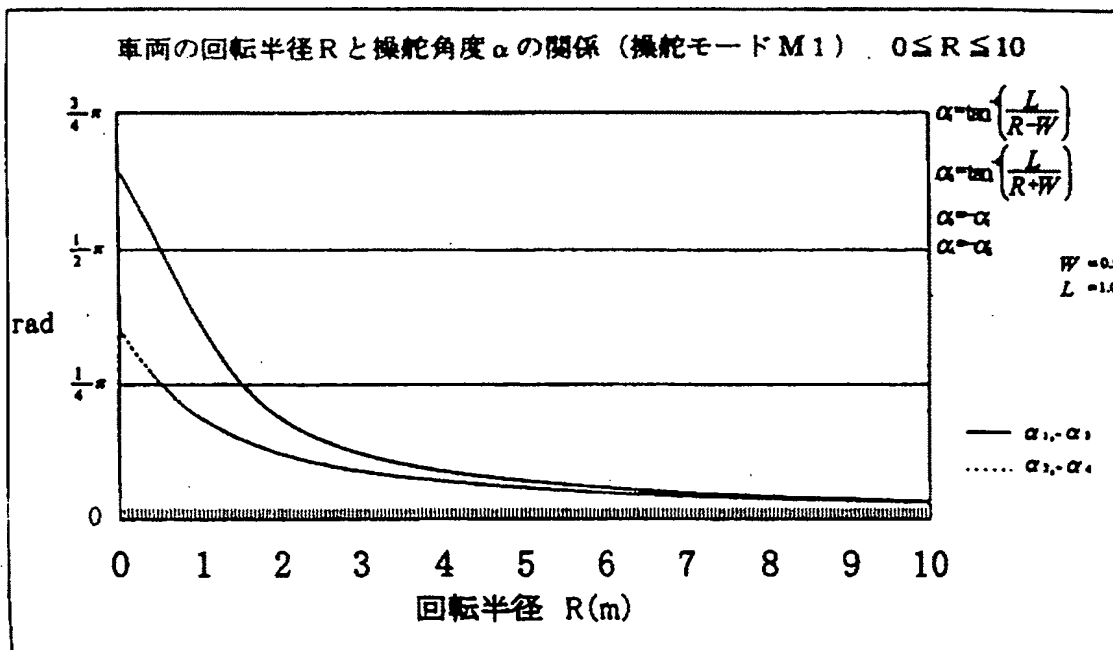
【図 6】



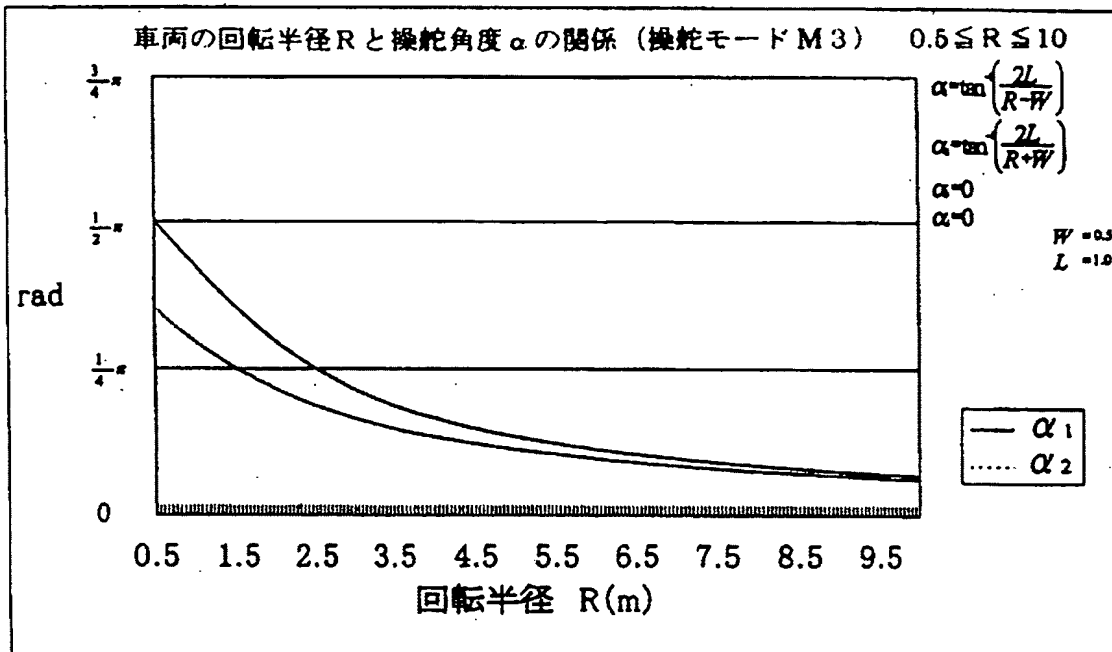
【図 7】



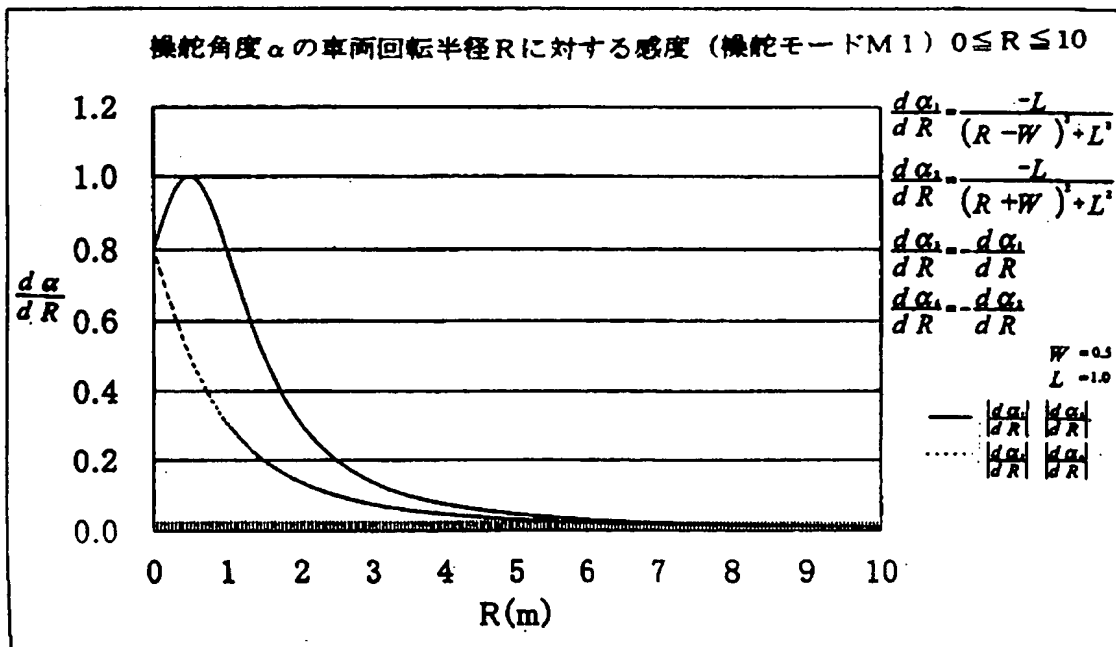
【図 8】



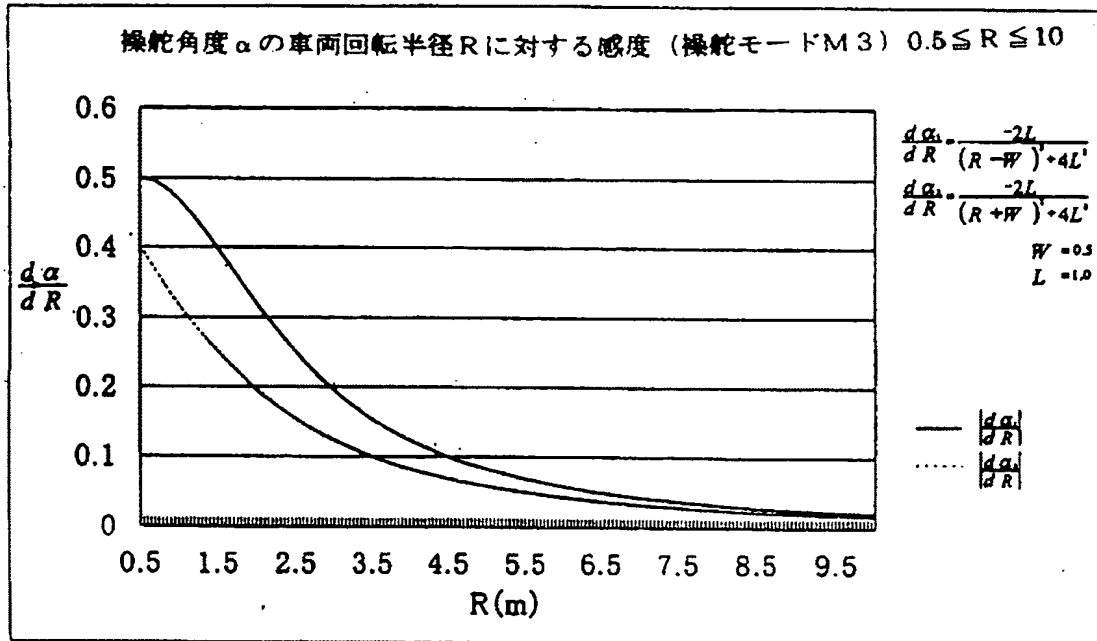
【図 9】



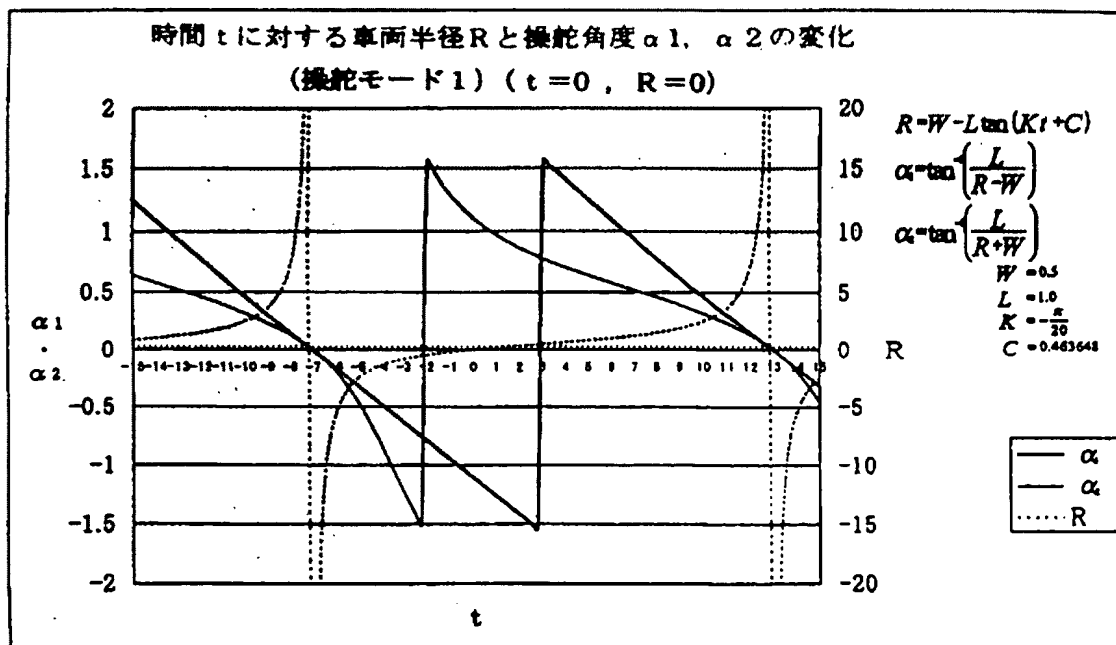
【図 10】



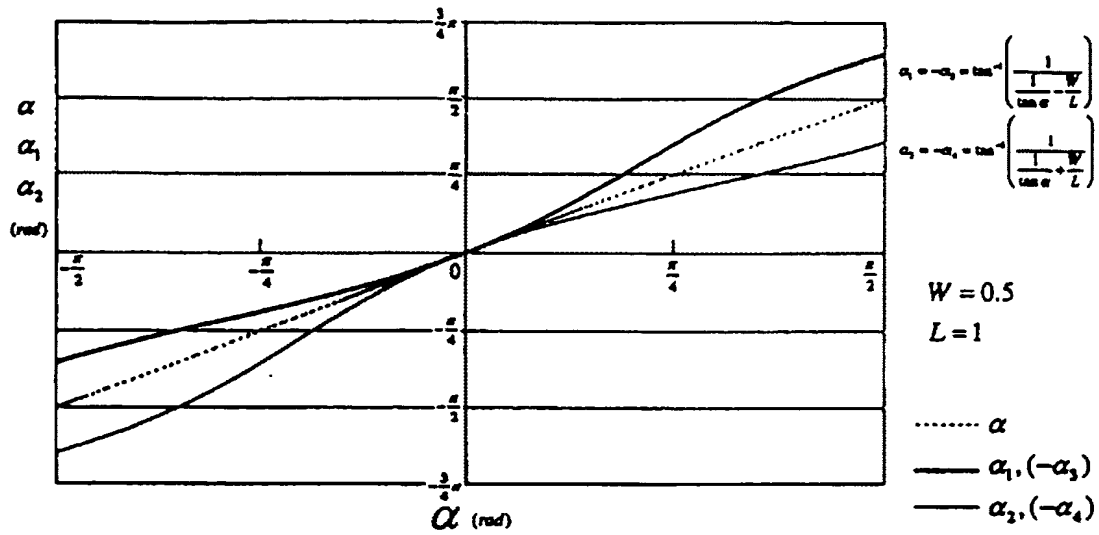
【図 1 1】



【図 1 2】

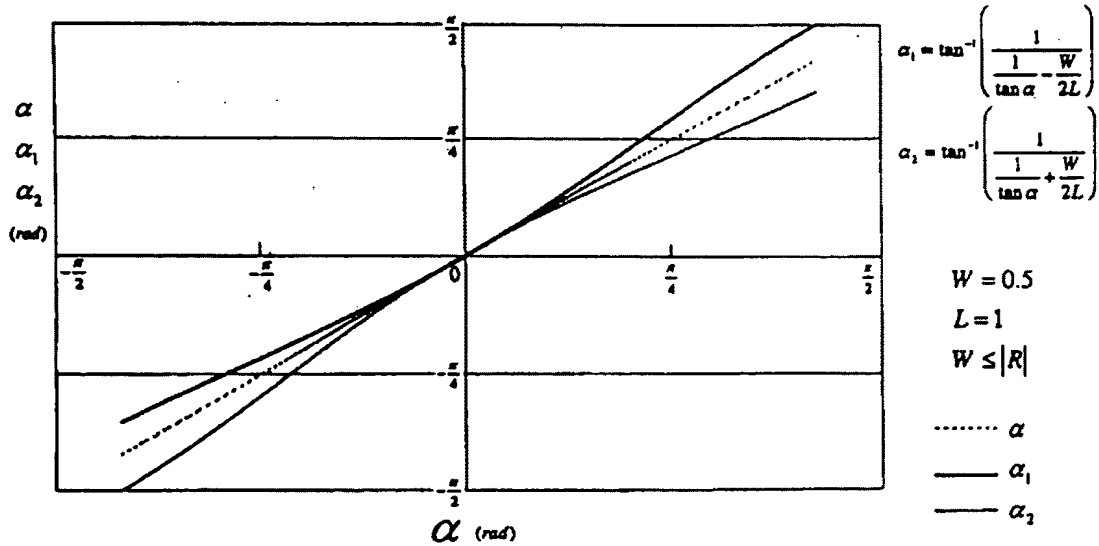


【図 13】



α を操舵指令値とした時の操舵角度 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ (操舵モード M1)

【図 14】



α を操舵指令値とした時の操舵角度 α_1, α_2 (操舵モード M3)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 4 輪独立操舵車両の操舵過程において、左右車輪の開脚現象・閉脚現象を防止する。また、運転者の操舵感覚に合う操舵指令値を用いて操舵誤操作を防止し操舵の安定性を高める。

【解決手段】 所定の操舵モードを形成する条件式に従って各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を個別に制御する操舵制御であって、条件式中の一つの変数を操舵指令値 S を S_1 から S_2 へ変えて、操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を、操舵指令値 S_1 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \sim \alpha_4]_{S_1}$ から操舵指令値 S_2 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \sim \alpha_4]_{S_2}$ へ移行する過程で、操舵指令値 S_1 に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S_1 + \Delta S)$ に対応する微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させ、各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 がその微小移行操舵角度に到達して舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔS を順次加えた操舵指令値 $(S_1 + n \Delta S)$ に対しする微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \sim \alpha_4]_{S_1 + n \Delta S}$ に向けて変化させながら、各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_2}$ へ変化させる。

【選択図】 図 3

【書類名】 手続補正書
【整理番号】 0208-OSHI
【あて先】 特許庁長官殿
【事件の表示】
 【出願番号】 特願2003-136158
【補正をする者】
 【識別番号】 593165487
 【氏名又は名称】 学校法人 金沢工業大学
【代理人】
 【識別番号】 100072420
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 小鍛治 明
【手続補正 1】
 【補正対象書類名】 明細書
 【補正対象項目名】 発明の詳細な説明
 【補正方法】 変更
 【補正の内容】 1
【プルーフの要否】 要

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

この発明は、4輪独立操舵で走行する車両（殊に電気移動車両）の操舵制御方法に関するもので、車両を走行させる施設の通路形態や通路周縁の物体の配置状況に適應する操舵モードで車両を円滑・安全に走行させるための車両の操舵制御方法に関するものである。なお、この発明において「操舵モード」とは、操舵によって車両の各車輪が描く軌跡の基本パターンを意味する。

【0002】**【従来の技術】**

医療機関、福祉施設、物流基地、コンピュータ格納ビル、大型商業施設、図書館、スポーツ・娯楽施設、遊園地などの各種の屋内外施設において、その屋内外施設の通路形態や通路周縁の物体の配置状況に応じて、適当な操舵モードで4輪独立操舵の電気移動車両を走行制御する方法が、既に特願2001-351127号特許出願によって提案されている。

【0003】

すなわち特願2001-351127号特許出願明細書には、左右の前車輪と左右の後車輪がそれぞれ個別の操舵モータと駆動モータによって操舵・駆動制御される電気移動車両を、幾つかの種類の異なる操舵モードM1, M2, M3, M4, M5で操舵することが示され、操舵モードの事例として、右後車輪の走行軌跡と左後車輪の走行軌跡がそれぞれ右前車輪の走行軌跡と左前車輪の走行軌跡に追従する操舵モードM1、前車輪および後車輪の走行軌跡が互いに並行軌跡となる操舵モードM2、前車輪の旋回軌跡に対し後車輪の旋回軌跡がいわゆる内輪差軌跡となる操舵モードM3、右後車輪を中心として車両を右回りに旋回させあるいは左後車輪を中心として車両を左回りに旋回させる操舵モードM4、右前車輪を中心として車両を右回りに旋回させあるいは左前車輪を中心として車両を左回りに旋回させる操舵モードM5が示されている。そして操舵モードM1, M2, M3, M4, M5の中から通路の状況に適合する操舵モードを選定して、その選定された所定の操舵モードの形成に必要な操舵拘束条件式（略して「条件式」と

いう) に従って各操舵モータと各駆動モータの回転を制御し、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を制御する操舵制御方法が提案されている。

【0004】

そして、上記の各操舵モードに沿う操舵拘束条件式（条件式）として、次の諸式が提案されている。

操舵モードM1 に対して：

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1}\left(\frac{L}{R-W}\right)$$

．．．．．式 (E 1 1)

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1}\left(\frac{L}{R+W}\right)$$

．．．．．式 (E 1 2)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{(R-W)^2 + L^2} : \sqrt{(R+W)^2 + L^2} \\ : \sqrt{(R-W)^2 + L^2} : \sqrt{(R+W)^2 + L^2}$$

．．．．．式 (E 1 3)

操舵モードM2 に対して：

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4$$

．．．．．式 (E 2 1)

$$n_1 = n_2 = n_3 = n_4$$

．．．．．式 (E 2 2)

操舵モードM3 に対して：

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left(\frac{2L}{R-W}\right)$$

．．．．．式 (E 3 1)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R+W} \right)$$

．．．．．式 (E 3 2)

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

．．．．．式 (E 3 3)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{(R-W)^2 + (2L)^2} : \sqrt{(R+W)^2 + (2L)^2} \\ : |R-W| : |R+W|$$

．．．．．式 (E 3 4)

操舵モード M4 に対して：

右旋回時において、

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$$

．．．．．式 (E 4 1)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{W} \right)$$

．．．．．式 (E 4 2)

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

．．．．．式 (E 4 3)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = L : \sqrt{W^2 + L^2} : 0 : W$$

．．．．．式 (E 4 4)

左旋回時において、

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(-\frac{L}{W} \right)$$

．．．．．式 (E 4 5)

$$\alpha_2 = -\frac{\pi}{2}$$

．．．．．式 (E 4 6)

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

．．．．．式 (E 4 7)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{W^2 + L^2} : L : W : 0$$

．．．．．式 (E 4 8)

操舵モード M 5 に対して：

右旋回時において、

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

．．．．．式 (E 5 1)

$$\alpha_3 = -\frac{\pi}{2}$$

．．．．．式 (E 5 2)

$$\alpha_4 = \tan^{-1}\left(-\frac{L}{W}\right)$$

．．．．．式 (E 5 3)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = 0 : W : L : \sqrt{W^2 + L^2}$$

．．．．．式 (E 5 4)

左旋回時において、

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

．．．．．式 (E 5 5)

$$\alpha_3 = \tan^{-1}\left(\frac{L}{W}\right)$$

．．．．．式 (E 5 6)

$$\alpha_4 = \frac{\pi}{2}$$

．．．．．式 (E 5 7)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = W : 0 : \sqrt{W^2 + L^2} : L$$

．．．．．式 (E 5 8)

但し、上記条件式において、

$\alpha 1$ は右前車輪に対する操舵角度.

$\alpha 2$ は左前車輪に対する操舵角度.

$\alpha 3$ は右後車輪に対する操舵角度.

$\alpha 4$ は左後車輪に対する操舵角度.

$n 1$ は右前車輪に対する回転速度.

$n 2$ は左前車輪に対する回転速度.

$n 3$ は右後車輪に対する回転速度.

$n 4$ は左後車輪に対する回転速度.

L は前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離.

W は右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離.

R は各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の、同心円弧の中心と、各車輪の位置に対する中心点の間の距離. (車両の中心から車両の旋回中心までの距離、すなわち車両の回転半径)

【0005】

しかしながら、車両の進行方向を変えるために、距離 (車両の回転半径) R を操舵指令値として、操舵指令値 R の設定値を増加あるいは減少させることにより、上記の条件式に従って各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を減少あるいは増加させて車両の進行方向を変える場合、操舵指令値 R を現在の操舵指令値 $R 1$ から所望の操舵指令値 $R 2$ へ設定を変えても、各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ が上記条件式で規定される新たな操舵角度に到達する迄に若干の時間差 (操舵指令追従時間) が生ずることから、その操舵指令追従時間の間の操舵過程において、左右両車輪の相互の向きが車両の進行方向に対し先捻がり状態となる開脚現象や、左右両車輪の相互の向きが車両の進行方向に対し先すぼみ状態となる閉脚現象が生ずる惧れがある。なお、開脚現象と閉脚現象を総じて開閉脚現象という。そして操舵過程において開閉脚現象が生ずると、操舵機構に無理な力が加わって故障の原因になる上に、車両上の人や物の安定が損なわれて危険を伴う。

【0006】

また、実際に車両に乗車して操舵する運転者にとって車輪の操舵角度 (車両の

走行方向)と距離 R の間の物理的関係を直感的・体感的に捉えることが難しい上に、距離 R は、車両の直進方向を境にその左右で $-\infty$ から $+\infty$ へ、あるいは $+\infty$ から $-\infty$ へと不連続に反転することから、このような不連続に変化する距離 R を、操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ の操舵指令値、すなわち操舵角度設定パラメータとして用いることは運転実務上好ましいとは言えない。

【0007】

【特許文献1】

特願 2001-351127号特許出願明細書

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

この発明は、上記のような操舵上の問題点に鑑み、4輪独立操舵車両の操舵過程において車輪の開閉脚現象が生じないようにすると共に、車両の回転(旋回)半径に相当する距離 R に代わる操舵指令値を用いることにより、すなわち操舵指令値と車両走行方向の物理的関係が、車両を運行する運転者の操舵感覚に照らして分かり易くなる操舵指令値を用いることにより、運転者の操舵操作の錯覚を防ぎ、所望の方向へ迅速的確に操舵できるようにしようとするものである。また、車両の停止時から走行始動する際、あるいは操舵モードの変更時に、車両に衝撃が及ぶことを防止し、また車両が意図しない方向に始動・走行することがないようにしようとするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

この発明は、上記の課題を解決して目的を達するために、次のような各種の手段を用いる。

【0010】

この発明は、4輪独立操舵車両の操舵過程で車輪の開閉脚現象が生じないようにするために、操舵指令値を変えることにより所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、操舵拘束条件式の中の一つの変数を操舵指令値 S とし、その操舵指令値 S を $S 1$ から $S 2$ へ変えて、各車

輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を、操舵指令値 S_1 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1}$ から操舵指令値 S_2 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_2}$ へ移行する過程で、操舵指令値 S_1 に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S_1 + \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(S_1 + \Delta S)$ に更に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S_1 + 2\Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔS を順次加えた操舵指令値 $(S_1 + n\Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_2}$ へ変化させることにより 4 輪独立操舵車両の操舵制御を行う。

【0011】

また、車輪の駆動モータが同期モータあるいは誘導モータの場合、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を個別に変化させて操舵制御する。すなわち、操舵指令値を変えることにより所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、操舵拘束条件式中の一つの変数を操舵指令値 S

とし、その操舵指令値 S を S_1 から S_2 へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を、操舵指令値 S_1 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1}$ から操舵指令値 S_2 へ対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_2}$ に移行する過程で、操舵指令値 S_1 に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S_1 + \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{S_1 + \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{S_1 + \Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(S_1 + \Delta S)$ に更に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S_1 + 2\Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔS を順次加えた操舵指令値 $(S_1 + n\Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{S_1 + n\Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{S_1 + n\Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_2}$ へ変化させることにより 4 輪独立操舵車両の操舵制御を行う。

【0012】

そして実際に用いる操舵指令値の例として、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離 R を操舵指令値として用いる。すなわち、操舵指令値を変えることにより所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離 R を操舵指令値とし、その操舵指令値 R を R_1 から R_2 へ変えて、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を、操舵指令値 R_1 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1}$ から操舵指令値 R_2 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_2}$ へ移行する過程で、操舵指令値 R_1 に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 $(R_1 + \Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + \Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + \Delta R}$ に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させ、各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + \Delta R}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(R_1 + \Delta R)$ に更に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 $(R_1 + 2\Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + 2\Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + 2\Delta R}$ に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔR を順次加えた操舵指令値 $(R_1 + n\Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + n\Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + n\Delta R}$ に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させ、各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1 + n\Delta R}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3,$

$\alpha 4]$ R_2 へ変化させることにより 4 輪独立操舵車両の操舵制御を行う。

【0013】

また、車輪の駆動モータが同期モータあるいは誘導モータの場合、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離 R を操舵指令値とし、その操舵指令値 R を R_1 から R_2 へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ を、操舵指令値 R_1 に対応する各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R_1}$ から操舵指令値 R_2 に対応する各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R_2}$ へ移行する過程で、操舵指令値 R_1 に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 $(R_1 + \Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R_1 + \Delta R}$ と微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{R_1 + \Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R_1 + \Delta R}$ とその微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{R_1 + \Delta R}$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ と各回転速度 $n 1, n 2, n 3, n 4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R_1 + \Delta R}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(R_1 + \Delta R)$ に更に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 $(R_1 + 2 \Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R_1 + 2 \Delta R}$ と微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{R_1 + 2 \Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R_1 + 2 \Delta R}$ とその微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{R_1 + 2 \Delta R}$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ と各回転速度 $n 1, n 2, n 3, n 4$ を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ が操舵整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔR を順次加えた操舵指令値 $(R_1 + n \Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R_1 + n \Delta R}$ と微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{R_1 + n \Delta R}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R_1 + n \Delta R}$ とその微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{R_1 + n \Delta R}$ に向けて各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ と各回転速度 $n 1, n 2, n 3, n 4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4$ が

微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $R_1 + n \Delta R$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_1}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{R_2}$ へ変化させることにより輪独立操舵車両の操舵制御を行う。

【0014】

また、特に多用されると考えられる所定の操舵モードの例として、右後車輪の走行軌跡と左後車輪の走行軌跡がそれぞれ右前車輪の走行軌跡と左前車輪の走行軌跡に追従する操舵モード（略して「操舵モードM1」という）と、前車輪の旋回軌跡に対し後車輪の旋回軌跡がいわゆる内輪差軌跡となる操舵モード（略して「操舵モードM3」という）について、操舵モードを形成する操舵拘束条件式を明示する。

【0015】

すなわち、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離 R を操舵指令値とした場合、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ とし、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度を n_1, n_2, n_3, n_4 とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離を W として、操舵モードM1を形成する操舵拘束条件式を、

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R-W} \right)$$

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R+W} \right)$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{(R-W)^2 + L^2} : \sqrt{(R+W)^2 + L^2} \\ : \sqrt{(R-W)^2 + L^2} : \sqrt{(R+W)^2 + L^2}$$

で表すことができる条件式とし、

操舵モードM3を形成する操舵拘束条件式を、

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R-W} \right)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R+W} \right)$$

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{(R-W)^2 + (2L)^2} : \sqrt{(R+W)^2 + (2L)^2} : |R-W| : |R+W|$$

で表すことができる条件式とする。

なお、操舵制御にあたり右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 を強制制御する必要がない場合は、上記の

$n_1 : n_2 : n_3 : n_4$ に関する条件式は不要である。

【0016】

またこの発明は、操舵指令値を運転者の操舵方向感覚に適合したものとして運転者の操舵操作の錯覚を防ぎ所望の方向への操舵を確実に実行できるようにするために、上記の操舵指令値 R （車両の回転半径に相当する距離 R ）に代わる操舵指令値として、車両上の任意の点 P_n の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_n 、あるいは左右の前車輪を結ぶ直線の中点 P_0 の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_0 を用いる。

【0017】

すなわち、この発明は、操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、車両上の任意の点 P_n の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_n を操舵指令値とし、その操舵指令値 α_n を α_{n1} から α_{n2} へ変えて、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を、操舵指令値 α_{n1} に対応する各操舵

角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1}}$ から操舵指令値 α_{n2} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n2}}$ へ移行する過程で、操舵指令値 α_{n1} に微小操舵指令値 $\Delta\alpha_n$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{n1} + \Delta\alpha_n)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + \Delta\alpha_n}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + \Delta\alpha_n}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + \Delta\alpha_n}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(\alpha_{n1} + \Delta\alpha_n)$ に更に微小操舵指令値 $\Delta\alpha_n$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{n1} + 2\Delta\alpha_n)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + 2\Delta\alpha_n}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + 2\Delta\alpha_n}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 $\Delta\alpha_n$ を順次加えた操舵指令値 $(\alpha_{n1} + n\Delta\alpha_n)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + n\Delta\alpha_n}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + n\Delta\alpha_n}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + n\Delta\alpha_n}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1}}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n2}}$ へ変化させることにより 4 輪独立操舵車両の操舵制御を行う。

【0018】

あるいはまた、操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、車両上の任意の点 P_n の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_n を操舵指令値とし、その操舵指令値 α_n を α_{n1} から α_{n2} へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を、操舵指

令値 α_{n1} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1}}$ から操舵指令値 α_{n2} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n2}}$ へ移行する過程で、操舵指令値 α_{n1} に微小操舵指令値 $\Delta \alpha_n$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(\alpha_{n1} + \Delta \alpha_n)$ に更に微小操舵指令値 $\Delta \alpha_n$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{n1} + 2\Delta \alpha_n)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + 2\Delta \alpha_n}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n1} + 2\Delta \alpha_n}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + 2\Delta \alpha_n}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n1} + 2\Delta \alpha_n}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 $\Delta \alpha_n$ を順次加えた操舵指令値 $(\alpha_{n1} + n\Delta \alpha_n)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + n\Delta \alpha_n}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n1} + n\Delta \alpha_n}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + n\Delta \alpha_n}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{\alpha_{n1} + n\Delta \alpha_n}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1} + n\Delta \alpha_n}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n1}}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{n2}}$ へ変化させることにより 4 輪独立操舵車両の操舵制御を行う。

【0019】

そして、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を α_1 , α_2 , α_3 , α_4 とし、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度を n_1 , n_2 , n_3 , n_4 とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車輪の間の距離を W とし、車両上の任意の点 P n の X 座標を x_n , Y 座標を y_n とし、点 P n の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度を α_n とし、角度 α_n を操舵指令値として、所定の操舵モード M1 を形成する操舵拘束条件式を、

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} - W} \right)$$

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} + W} \right)$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} - W\right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} + W\right)^2 + L^2} \\ : \sqrt{\left(x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} - W\right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} + W\right)^2 + L^2}$$

で表すことができる条件式とし、

所定の操舵モード M3 を形成する操舵拘束条件式を、

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} - W} \right)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W} \right)$$

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W\right)^2 + (2L)^2} : \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W\right)^2 + (2L)^2} \\ : \left| xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W \right| : \left| xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W \right|$$

で表すことができる条件式とする。

なお、操舵制御にあたり右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 を強制制御する必要がない場合は、上記の

$n_1 : n_2 : n_3 : n_4$ に関する条件式は不要である。

【0020】

またこの発明は、操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、左右の前車輪を結ぶ直線の中点 P_0 の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_0 を操舵指令値とし、その操舵指令値 α_0 を α_{01} から α_{02} へ変えて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を、操舵指令値 α_{01} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01}}$ から操舵指令値 α_{02} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{02}}$ へ移行する過程で、操舵指令値 α_{01} に微小操舵指令値 $\Delta \alpha_0$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{01} + \Delta \alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta \alpha_0}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta \alpha_0}$

0 に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta\alpha_0}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(\alpha_{01} + \Delta\alpha_0)$ に更に微小操舵指令値 $\Delta\alpha_0$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、以後同様に、各車輪の各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 $\Delta\alpha_0$ を順次加えた操舵指令値 $(\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01}}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{02}}$ へ変えることにより 4 輪独立操舵車両の操舵制御を行なう。

【0021】

あるいはまた、操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、左右の前車輪を結ぶ直線の中点 P0 の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_0 を操舵指令値とし、その操舵指令値 α_0 を α_{01} から α_{02} へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を、操舵指令値 α_{01} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01}}$ から各操舵指令値 α_{02} に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{02}}$ へ移行する過程で、操舵指令値 α_{01} に微小操舵指令値 $\Delta\alpha_0$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{01} + \Delta\alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{\alpha_{01} + \Delta\alpha_0}$ と微小移行回転速度 $[n_1,$

$n_2, n_3, n_4]$ $\alpha_{01} + \Delta\alpha_0$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $\alpha_{01} + \Delta\alpha_0$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]$ $\alpha_{01} + \Delta\alpha_0$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $\alpha_{n1} + \Delta\alpha_0$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(\alpha_{01} + \Delta\alpha_0)$ に更に微小操舵指令値 $\Delta\alpha_0$ を加えた操舵指令値 $(\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0$ と微小移行回転速度 (n_1, n_2, n_3, n_4) $\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0$ とその微小移行回転速度 (n_1, n_2, n_3, n_4) $\alpha_{01} + 2\Delta\alpha_0$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 $\Delta\alpha_0$ を順次加えた操舵指令値 $(\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)$ $\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0$ と微小移行回転速度 (n_1, n_2, n_3, n_4) $\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]$ $\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ $\alpha_{01} + n\Delta\alpha_0$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ α_{01} から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ α_{02} へ変えることにより 4 輪独立操舵車両の操舵制御を行なう。

【0022】

そして、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する操舵角度を $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ とし、右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度を n_1, n_2, n_3, n_4 とし、前車輪と後車輪の間の中心線 X と各車輪の間の距離を L とし、右車輪と左車輪の間の中心線 Y と各車

輪の間の距離をWとし、左右の前車輪を結ぶ直線の中点P0の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線Yとなす角度を α_0 とし、角度 α_0 を操舵指令値として、所定の操舵モードM1を形成する操舵拘束条件式を、

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{l}{\tan \alpha_0} - \frac{W}{L}} \right)$$

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{l}{\tan \alpha_0} + \frac{W}{L}} \right)$$

$$\begin{aligned} n_1 : n_2 : n_3 : n_4 &= \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} - W \right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} + W \right)^2 + L^2} \\ &: \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} - W \right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} + W \right)^2 + L^2} \end{aligned}$$

で表すことができる条件式とし、

所定の操舵モードM3を形成する操舵拘束条件式を、

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{l}{\tan \alpha_0} - \frac{W}{2L}} \right)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{l}{\tan \alpha_0} + \frac{W}{2L}} \right)$$

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(\frac{2L}{\tan \alpha_0} - W\right)^2 + (2L)^2} : \sqrt{\left(\frac{2L}{\tan \alpha_0} + W\right)^2 + (2L)^2} : \left|\frac{2L}{\tan \alpha_0} - W\right| : \left|\frac{2L}{\tan \alpha_0} + W\right|$$

で表すことができる条件式とする。

なお、操舵制御にあたり右前車輪、左前車輪、右後車輪、左後車輪のそれぞれに対する回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 を強制制御する必要がない場合は、上記の

$n_1 : n_2 : n_3 : n_4$ に関する条件式は不要である。

【0023】

さらにこの発明は、車両が停止状態から走行始動する際、あるいは操舵モードの変更時に、車両の走行に衝撃が生ずることなく車両を所定の操舵モードで所望に方向へ正しく円滑に始動させ走行させるために、車両の前進・後進モードを含む複数種類の操舵モードにおける操舵モード変更時に、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を一旦 $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0$ の直進方向にリセットした後に、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を個別に変化させる。

【0024】

そしてまた、車両の前進・後進モードを含む複数種類の操舵モードの中から任意に選択される所定の操舵モードを変更する際には、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が、操舵モード変更後の操舵拘束条件式を満たした後に、車両を走行駆動する。

【0025】

【発明の実施の形態】

この発明の基本的な実施形態の一つは、操舵指令値を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御におい

て、操舵拘束条件式中の一つの変数を操舵指令値 S とし、その操舵指令値 S を S_1 から S_2 へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を、操舵指令値 S_1 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1}$ から操舵指令値 S_2 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_2}$ へ移行する過程で、操舵指令値 S_1 に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S_1 + \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(S_1 + \Delta S)$ に更に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S_1 + 2\Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔS を順次加えた操舵指令値 $(S_1 + n\Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_2}$ へ変化させる 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法である。

【0026】

また、この発明の基本的な他の実施形態は操舵指令値の取り方を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、操舵拘束条件式中の一つ

の変数を操舵指令値 S とし、その操舵指令値 S を S_1 から S_2 へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ を、操舵指令値 S_1 に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1}$ から操舵指令値 S_2 へ対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_2}$ に移行する過程で、操舵指令値 S_1 に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S_1 + \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{S_1 + \Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{S_1 + \Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + \Delta S}$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(S_1 + \Delta S)$ に更に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S_1 + 2\Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{S_1 + 2\Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が舵角整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔS を順次加えた操舵指令値 $(S_1 + n\Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{S_1 + n\Delta S}$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4]_{S_1 + n\Delta S}$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1 + n\Delta S}$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_1}$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]_{S_2}$ へ変化させる 4 輪独立操舵車両の操舵制御方法である。

【0027】

【実施例】

以下この発明を、その実施例を示す図面を参考に説明する。図1はこの発明に係る電気移動車両の車体ベースの基本構成を示す平面図、図2は同車体ベースに装着される車輪操舵・駆動ブロックの斜視図である。図1において、1は電気移動車両の車体ベースで、点P1、P2は車体ベース1の下面に装着される左右二つの前車輪の位置を示し、点P3、P4は車体ベース1の下面に装着される左右二つの後車輪の位置を示すものである。また、21は右前車輪、22は左前車輪、23は右後車輪、24は左後車輪をそれぞれ示し、矢印Nは車両の前方直進方向を示している。点P1、P2、P3、P4の位置（車輪21、22、23、24の位置）は長方形の各頂点の位置にあつて、Oはその長方形の中心点、すなわち各点P1、P2、P3、P4に対する中心点である。X軸とY軸は中心点Oを通る直交座標軸でこの発明を説明するために仮想設定したものである。そしてX軸は前車輪21、22と後車輪23、24の間の中心線（車両の左右方向の中心線）であり、Y軸は右車輪21、23と左車輪22、24の間の中心線（車両の前後方向の中心線）である。なおY軸の方向は前記矢印Nに示す車両の前方直進方向と同じであり、H1は点P1、P2を結ぶ前車輪軸線で前車輪21、22の仮想車軸に相当し、H2は点P3、P4を結ぶ後車輪軸線で後車輪23、24の仮想車軸に相当する。LはX軸から各点P1、P2、P3、P4までの距離、WはY軸から各点P1、P2、P3、P4までの距離である。また、P0は右前車輪の位置P1と左前車輪の位置P2を結ぶ直線の中点を示している。さらにまた、Pnは車体ベース1上の任意の点で、例えば車両の運転者が立つ位置であり、点Pnの位置は直交座標軸X、Yに対する座標（X座標： x_n 、Y座標： y_n ）で示されている。A0は車両の走行に伴う点P0の移動方向を示し、 α_0 は点P0の移動方向A0が車両の中心線Yとなす角度（操舵に伴う中点P0の移動方向角度）を示している。Anは車両の走行に伴う点Pnの移動方向を示し、 α_n は点Pnの移動方向Anが車両の中心線Yとなす角度（操舵に伴う点Pnの移動方向角度）を示している。

【0028】

n_1 , n_2 , n_3 , n_4 は、それぞれ右前車輪 21, 左前車輪 22, 右後車輪 23, 左後車輪 24 の回転速度を表し、 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 は、それぞれ車両の操舵制御時における右前車輪 21, 左前車輪 22, 右後車輪 23, 左後車輪 24 の操舵角度を表している。なお、 A_1 , A_2 , A_3 , A_4 は、それぞれ車両の操舵制御時における右前車輪 21, 左前車輪 22, 右後車輪 23, 左後車輪 24 の向き（走行向き）を表している。

【0029】

車両の操舵制御時における各車輪 21, 22, 23, 24 の回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 とその操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 は、それぞれ個別に独立制御されるもので、そのために図 2 に示すように、前車輪 21, 22 と後車輪 23, 24 のそれぞれに回転速度制御用の駆動モータ 21a, 22a, 23a, 24a と操舵角度制御用の操舵モータ 21b, 22b, 23b, 24b が連結されて個別の操舵・駆動ブロック B1, B2, B3, B4 が形成されている。また、車両の走行制御時における各車輪 21, 22, 23, 24 の実際の走行向き（実際の操舵角度）を操舵角度センサーで検出し、その検出信号を制御系にフィードバックして、運転者が設定した操舵指令値に対応する操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 通りの操舵制御が維持されるようにしている。また、上記の車両に対して、操舵モード M1, M2, M3, M4, M5 の操舵モードが用意され、各操舵モードを形成するために必要な各車輪の操舵角度と回転速度を算出する演算プログラムを備えた演算手段（コンピュータ）が電気移動車両に組み込まれている。なお、車輪の駆動モータには、直流モータ、同期モータ、誘導モータ 4 などが用いられるが、4 個の駆動モータに同一仕様の直流モータを採用しこれらを直列接続とする場合は、4 個の駆動モータの電気回路的な相補作用により、車輪の空転が無い限り、回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 の比は拘束条件式を自動的に満たすので、駆動モータを個別に独立制御する必要はない。

【0030】

操舵モード M1 は、図 3 に示すように、前車輪の操舵角度 α_1 , α_2 と後車輪の操舵角度 α_3 , α_4 を互いに車両の進行方向に対し左右逆方向に切って左右の後車輪の軌跡がそれぞれ左右の前車輪の軌跡に追従する操舵モードである。なお図

3において、点P5（X座標：R，Y座標：0）は車両の右回り旋回（時計回り旋回）（CW）時の中心となる点を示し、点P6（X座標：-R，Y座標：0）は車両の左回り旋回（反時計回り旋回）（CCW）時の中心となる点を示している。操舵モードM1においては、図3に示されるように、各車輪の旋回軌跡は同心円弧となるが、点P5，P6はその同心円弧の中心となる点でもある。そして図3に照らせば明らかなように、操舵モードM1で走行するためには、操舵角度 α_1 ， α_2 が次の表1に示す条件下において、各車輪21，22，23，24の操舵角度 α_1 ， α_2 ， α_3 ， α_4 と回転速度 n_1 ， n_2 ， n_3 ， n_4 について次の操舵拘束条件式（条件式）（E11），（E12），（E13）が満たされ維持されなければならない。

【0031】

【表1】

操舵角度 条 件	α_1	α_2
$W \leq R $	$-\frac{\pi}{2} < \alpha_1 \leq \frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2} \leq \alpha_2 < \frac{\pi}{2}$
$0 \leq R < W$ (CW)	$\frac{\pi}{2} < \alpha_1 < \pi$	$0 < \alpha_2 < \frac{\pi}{2}$
$-W < R \leq 0$ (CCW)	$-\frac{\pi}{2} < \alpha_1 < 0$	$-\pi < \alpha_2 < -\frac{\pi}{2}$

【0032】

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R-W} \right)$$

・・・・・・式（E11）

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R+W} \right)$$

・・・・・・式（E12）

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{(R-W)^2 + L^2} : \sqrt{(R+W)^2 + L^2} \\ : \sqrt{(R-W)^2 + L^2} : \sqrt{(R+W)^2 + L^2}$$

・・・・・・式（E13）

【0033】

操舵モードM2は、図4に示すように、前車輪の操舵角度 α_1 、 α_2 と後車輪の操舵角度 α_3 、 α_4 を共に同方向同角度に切って前車輪と後車輪の軌跡を全て平行パターンとし車両が左右・斜めに平行的に移動する操舵モードである。そして図4に照らせば明らかなように、操舵モードM2で走行するためには、各車輪の操舵角度 α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 と回転速度 n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 について次の条件式(E21)、(E22)が満たされ維持されなければならない。

【0034】

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4$$

.....式(E21)

$$n_1 = n_2 = n_3 = n_4$$

.....式(E22)

【0035】

操舵モードM3は、図5に示すように、前車輪の操舵角度 α_1 、 α_2 のみを操舵する従来の自動車と同様の操舵モードで、前車輪と後車輪相互の軌跡は、いわゆる内輪差軌跡を描く操舵モードである。そして図5に照らせば明らかなように、操舵モードM3では、各車輪の操舵角度 α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 と回転速度 n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 について、次の条件式(E31)、(E32)、(E33)、(E34)が満たされ維持されている。なお図5に示されるように、操舵モードM3における右旋回を中心となる点P5'と左旋回を中心となる点P6'は、それぞれ後車輪軸線H2に対し距離dだけ離れているが、車両の速度が低い場合には $d \div 0$ とみることができる。

【0036】

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R-W} \right)$$

.....式(E31)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R+W} \right)$$

.....式(E32)

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

．．．．．式 (E 3 3)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{(R-W)^2 + (2L)^2} : \sqrt{(R+W)^2 + (2L)^2} \\ : |R-W| : |R+W|$$

．．．．．式 (E 3 4)

但し、

$$-\frac{\pi}{2} < \alpha_1 < \frac{\pi}{2}$$

$$-\frac{\pi}{2} < \alpha_2 < \frac{\pi}{2}$$

$$W < |R|$$

なお、車両は低速で走行するので、 $d = 0$ とする。

【0 0 3 7】

操舵モード M 4 は、図 6 に示すように、右後車輪（点 P 3）を中心として車両を右回り旋回（時計回り旋回）（C W）させ、あるいは左後車輪（点 P 4）を中心として車両を左回り旋回（反時計回り旋回）（C C W）させる操舵モードである。そして図 6 に照らせば明らかなように、操舵モード M 4 の走行では、各車輪の操舵角度 α_1 ， α_2 ， α_3 ， α_4 と回転速度 n_1 ， n_2 ， n_3 ， n_4 について次の条件式 (E 4 1)，(E 4 2)，(E 4 3)，(E 4 4)，(E 4 5)，(E 4 6)，(E 4 7)，(E 4 8) が満たされ維持されなければならない。

【0 0 3 8】

すなわち、右後車輪（点 P 3）を回転中心として車両を時計回り方向（C W）に旋回させるとき、

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$$

．．．．．式 (E 4 1)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{W} \right)$$

．．．．．式 (E 4 2)

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

．．．．．式 (E 4 3)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = L : \sqrt{W^2 + L^2} : 0 : W$$

．．．．．式 (E 4 4)

但し、

$$0 < \alpha_2 < \frac{\pi}{2}$$

【 0 0 3 9 】

すなわち、左後車輪（点 P 4）を回転中心として車両を反時計回り方向（C C W）に旋回させるとき、

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(-\frac{L}{W} \right)$$

．．．．．式 (E 4 5)

$$\alpha_2 = -\frac{\pi}{2}$$

．．．．．式 (E 4 6)

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

．．．．．式 (E 4 7)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{W^2 + L^2} : L : W : 0$$

．．．．．式 (E 4 8)

但し、

$$-\frac{\pi}{2} < \alpha_4 < 0$$

【 0 0 4 0 】

操舵モード M 5 は、図 7 に示すように、右前車輪（点 P 1）を中心として車両を右回り（時計回り）（C W）させ、あるいは左前車輪（点 P 2）を中心として車両を左回り（反時計回り）（C C W）に旋回させる操舵モードである。そして図 7 に照らせば明らかなように、操舵モード M 5 の走行では、各車輪の操舵角度 α

1, α_2 , α_3 , α_4 と回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 について次の条件式 (E 5 1), (E 5 2), (E 5 3), (E 5 4), (E 5 5), (E 5 6), (E 5 7), (E 5 8) が維持されなければならない。

【 0 0 4 1 】

すなわち、右前車輪 (点 P 1) を回転中心として車両を時計回り (CW) に旋回させるとき、

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

..... 式 (E 5 1)

$$\alpha_3 = -\frac{\pi}{2}$$

..... 式 (E 5 2)

$$\alpha_4 = \tan^{-1}\left(-\frac{L}{W}\right)$$

..... 式 (E 5 3)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = 0 : W : L : \sqrt{W^2 + L^2}$$

..... 式 (E 5 4)

但し、

$$-\frac{\pi}{2} < \alpha_4 < 0$$

【 0 0 4 2 】

すなわち、左前車輪 (点 P 2) を回転中心として車両を反時計回り (CCW) に旋回させるとき、

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

..... 式 (E 5 5)

$$\alpha_3 = \tan^{-1}\left(\frac{L}{W}\right)$$

..... 式 (E 5 6)

$$\alpha_4 = \frac{\pi}{2}$$

．．．．．式 (E 5 7)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = W : 0 : \sqrt{W^2 + L^2} : L$$

．．．．．式 (E 5 8)

但し、

$$0 < \alpha_3 < \frac{\pi}{2}$$

【0043】

このようにそれぞれの操舵モードM1, M2, M3, M4, M5において四つの各車輪が辿る軌跡が同じでないことから、各軌跡の円弧長に合わせた回転速度で車輪を駆動しなければならず、各車輪21, 22, 23, 24の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 と回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 は、操舵遷移中も操舵終了後においても、車両の進行速度および進行方向の指令と、操舵モードによって決定される各条件式(E11)～(E58)の条件を満たすように制御されなければならない。そしてこの条件が満たされない場合には、車輪の空転やスリップが生じたり、左右の車輪の間に開閉脚現象が生ずる。

【0044】

したがって車両には、操舵モードM1に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式(E11)(E12)に基づいて各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を演算する演算プログラム、操舵モードM2に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式(E21)に基づいて各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を演算する演算プログラム、操舵モードM3に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式(E31), (E32), (E33)に基づいて各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を演算する演算プログラム、操舵モードM4に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式(E41), (E42), (E43), (E45), (E46), (E47)に基づいて各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を演算する演算プログラム、操舵モードM5に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式(E51), (E52), (E53), (E55), (E56), (E57)に基づいて各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を演算する演算プログラムが記憶された車輪操舵角度演算手段が搭載されている。

【0045】

また車両には、操舵モードM1に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式(E13)に基づいて各車輪の回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 を算出する演算プログラム、操舵モードM2に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式(E22)に基づいて各車輪の回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 を算出する演算プログラム、操舵モードM3に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式(E34)に基づいて各車輪の回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 を算出する演算プログラム、操舵モードM4に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式(E44), (E48)に基づいて各車輪の回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 を算出する演算プログラム、操舵モードM5に沿う操舵に必要な操舵拘束条件式(E54), (E58)に基づいて各車輪の回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 を演算する演算プログラムが記憶された車輪回転速度演算手段が搭載されている。

【0046】

この発明は、車両の走行中すなわち4輪独立操舵車両の操舵過程で常に上記の操舵拘束条件式を満たすように制御して車輪の開閉脚現象を防止するものであるが、そのために先ず、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を設定し変更するための「操舵指令値」について考える必要がある。

【0047】

例えば操舵モードM1では、先に記したように、操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が式(E11), 式(E12)によって定められる。

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R-W} \right)$$

・・・式(E11)

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R+W} \right)$$

・・・式(E12)

ここで、変数は α_1 , α_2 , α_3 , α_4 とRの5個で式は4個存在するから、変数のうちの一つを決めれば他の四つの変数は一義的に決まる。そして、距離Lと距離Wは車両設計によって決まっているから、距離Rを決めることにより操舵角

度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 は一義的に決まる。従って、距離（車両の回転半径） R が「操舵指令値」として用いられてきた。

【0048】

また、例えば操舵モードM3では、先に記したように、操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が式 (E31), 式 (E32), 式 (E33) によって定められる。

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R-W} \right)$$

・・・・・・式 (E31)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{R+W} \right)$$

・・・・・・式 (E32)

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

・・・・・・式 (E33)

ここで、変数は α_1 , α_2 と R の3個で式は2個存在するから、変数のうちの一つを決めれば他の二つの変数は一義的に決まる。そして、距離 L と距離 W は車両設計によって決まっているから、距離 R を決めることにより操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 は一義的に決まる。従って、距離（車両の回転半径） R が「操舵指令値」として用いられてきた。

【0049】

ここで $W=0.5\text{m}$, $L=1\text{m}$ として、距離 R と操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 の値を求めると、操舵モードM1では図8に示す特性となり、操舵モードM3では図9に示す特性となる。次に操舵モードM1を例にとって、 $R=1\text{m}$ から $R=2\text{m}$ に操舵したときの操舵角度 α_1 , α_2 の変化を図8から調べると、操舵角度 α_1 は63.2度から33.7度に変化してその変化幅は $63.2-33.7=29.5$ 度であり、操舵角度 α_2 は33.7度から21.8度に変化してその変化幅は $33.7-21.8=11.9$ 度であることが分かる。そこで若し操舵角度 α_1 と操舵角度 α_2 とが同じ角速度で回転したとすれば、操舵角度 α_2 が目標値に達した時に操舵角度 α_1 は未だ目標値に向けての回転途上にあることになり、進行方向に対して左右の車輪が先拡がりの状態となって開脚現象が生ずる。また、 $R=1\text{m}$ から $R=2\text{m}$ に操舵したときは、これ

とは逆の開脚現象が生ずる。開閉脚現象が生ずると、操舵機構に無理が加わるのみならず、車両に乗っている人は前のめりになって危険なので開閉脚現象が生じないようにしなければならない。そして開閉脚現象を防止するためには、車両が動いている総ての時間断面において、条件式の式 (E 1 1), 式 (E 1 2) が満たされていなければならないことが分かる。このことは操舵モード M 1 のみならず操舵モード M 2, M 3, M 4, M 5 ついても同様である。このように車両の各車輪の操舵角度 (各車輪の走行向き) がそれぞれの操舵拘束条件式を満たす角度になることを、本願においては、「舵角整合」という。

【0050】

舵角整合を実現させる一つの方法は、運転者が操舵指令値となる距離 R を変えて新たな操舵指令値 (距離) を設定し操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を変える際に、操舵指令値 (距離) R を徐々に変化させながら、その時々には操舵拘束条件式を満たす操舵角度を演算して操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を徐々に変化させ、若干の操舵指令追従時間の後に、操舵指令値 (距離) R を上記の新たに設定した操舵指令値 (変更後の操舵指令目標値) に導くと共に、操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を上記の新たに設定した操舵指令値に対応する所期の操舵角度へ移行させることである。

【0051】

すなわち、操舵指令値を変えることにより、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って車両の四つの車輪の各操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ と各回転速度 $n 1$, $n 2$, $n 3$, $n 4$ を個別に制御して車両の走行方向を変える操舵制御において、各車輪の旋回軌跡が同心円弧となる場合の同心円弧の中心点と各車輪の位置に対する中心点の間の距離 R を操舵指令値とし、その操舵指令値 R を R 1 から R 2 へ変えて、各車輪の操舵角度 $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 4$ を、操舵指令値 R 1 に対応する各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R 1}$ から操舵指令値 R 2 に対応する各操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R 2}$ へ移行する過程で、操舵指令値 R 1 に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 $(R 1 + \Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3, \alpha 4]_{R 1 + \Delta R}$ と微小移行回転速度 $[n 1, n 2, n 3, n 4]_{R 1 + \Delta R}$ を演算し

、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4] R_1 + \Delta R$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4] R_1 + \Delta R$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4] R_1 + \Delta R$ に到達して舵角整合したことを検知した後、前記操舵指令値 $(R_1 + \Delta R)$ に更に微小操舵指令値 ΔR を加えた操舵指令値 $(R_1 + 2\Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4] R_1 + 2\Delta R$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4] R_1 + 2\Delta R$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4] R_1 + 2\Delta R$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4] R_1 + 2\Delta R$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、以後同様に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が操舵整合したことを検知した後、微小操舵指令値 ΔR を順次加えた操舵指令値 $(R_1 + n\Delta R)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4] R_1 + n\Delta R$ と微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4] R_1 + n\Delta R$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4] R_1 + n\Delta R$ とその微小移行回転速度 $[n_1, n_2, n_3, n_4] R_1 + n\Delta R$ に向けて各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と各回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を変化させ、各操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ が微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4] R_1 + n\Delta R$ に到達して舵角整合したことの検知を繰り返して、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ をそれぞれ各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4] R_1$ から各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4] R_2$ へ変えるものであり、この操舵制御方法がこの発明の特徴である。

【0052】

次に操舵モードM1について、距離（車両の回転半径）（操舵指令値）Rに対する車輪の操舵角度 α の感度を調べる。一般に次の公式（1）、公式（2）があることから、条件式の式（E11）は次のように展開できる。

$$y = \tan^{-1} x$$

のとき、

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{1+x^2}$$

・・・公式 (1)

$$y = \frac{1}{x}$$

のとき、

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{1}{x^2}$$

・・・公式 (2)

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1}\left(\frac{L}{R-W}\right)$$

・・・式 (E 1 1)

$$\frac{d\alpha_1}{dR} = -\frac{d\alpha_3}{dR} = \frac{1}{1+\left(\frac{L}{R-W}\right)^2} \frac{(-L)}{(R-W)} = \frac{-L}{(R-W)^2 + L^2}$$

・・・式 (1)

同様に

$$\frac{d\alpha_2}{dR} = -\frac{d\alpha_4}{dR} = \frac{-L}{(R+W)^2 + L^2}$$

・・・式 (2)

ここで、式 (1)、式 (2) に、 $W=0.5\text{m}$ 、 $L=1\text{m}$ を入れて計算した結果を、図 10 に示す。図 10 に示されるところから明らかなように、 R が小さい領域では α の R に対する感度は高く、また左右の車輪によって感度が違っていることが分かる。また操舵モード M3 についても同様の計算をした結果を図 11 に示すが、同様に R が小さい領域で α の R に対する感度は高く、左右の車輪によって感度が違っ

ていることが分かる。

【0053】

このように、車輪の操舵角度 α の、距離（車両の回転半径すなわち操舵指令値） R に対する感度は、 R の値によって大きく変わることから、距離（車両の回転半径） R をそのまま操舵指令値とすることは適切ではない。そこで新たに距離 R と時間 t の関数、 $R = f(t)$ を導入し、その関数 $R = f(t)$ を介して車輪の操舵角度 α を制御することが考えられる。その場合の関数の導入過程は次の通りである。

【0054】

式（1）を次のように変形する。

$$\frac{d\alpha_1}{dR} = \frac{d\alpha_1}{dt} \frac{dt}{dR} = \frac{-L}{(R-W)^2 + L^2}$$

$$\frac{d\alpha_1}{dt} = \frac{-L}{(R-W)^2 + L^2} \frac{dR}{dt}$$

・・・式（3）

同様に

$$\frac{d\alpha_2}{dt} = \frac{-L}{(R+W)^2 + L^2} \frac{dR}{dt}$$

・・・式（4）

ここで

$$\frac{d\alpha_1}{dt} = K$$

とするには（但し、 K ＝一定値）、

$$\frac{d\alpha_1}{dt} = K = \frac{-L}{(R-W)^2 + L^2} \frac{dR}{dt}$$

・・・式（5）

したがって、

$$\frac{1}{(R-W)^2 + L^2} dR = -\frac{K}{L} dt$$

..... 式 (6)

$$\int \frac{1}{(R-W)^2 + L^2} dR = -\int \frac{K}{L} dt$$

..... 式 (7)

となる。ここで次の公式 (3) を適用すれば式 (13) に至る。すなわち、

$$\int \frac{1}{x^2 + a^2} dx = \frac{1}{a} \tan^{-1} \frac{x}{a}$$

..... 公式 (3)

$$\frac{1}{L} \tan^{-1} \left(\frac{R-W}{L} \right) = -\frac{K}{L} t + C$$

..... 式 (8)

$$\tan^{-1} \left(\frac{R-W}{L} \right) = -Kt + CL$$

..... 式 (9)

$$\frac{R-W}{L} = \tan(-Kt + CL)$$

..... 式 (10)

$$R = W + L \tan(-Kt + CL)$$

..... 式 (11)

ここで、 $R=0$, $W=0.5$, $L=1$, $t=0$ とすると、積分定数 CL は、 $CL=0.463648$ (rad) となる。したがって、 $K=-\pi/20$ とすれば、

$$R = W - L \tan(Kt + 0.463648)$$

..... 式 (12)

$$R = W - L \tan \left(-\frac{\pi}{20} t + 0.463648 \right)$$

..... 式 (13)

すなわち、距離 R を式 (13) に示す時間 t の関数として変化させればよい。こ

のとき、右前車輪の操舵角度 α_1 、左前車輪の操舵角度 α_2 は、それぞれ次の式
(14)、式(15)、式(16)に示すようになる。

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R - W} \right)$$

..... 式(E11)

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\tan \left(-\frac{\pi}{20} t + 0.463648 \right)} \right)$$

..... 式(14)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R + W} \right)$$

..... 式(E12)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{2W}{L} - \tan \left(-\frac{\pi}{20} t + 0.463648 \right)} \right)$$

..... 式(15)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{1 - \tan \left(-\frac{\pi}{20} t + 0.463648 \right)} \right)$$

..... 式(16)

【0055】

図12は、時間 t に対する距離 R 、右前車輪の操舵角度 α_1 、左前車輪の操舵角度 α_2 の変化を示しており、右前車輪の操舵角度 α_1 は時間 t に対して直線的に変化することが分かる。このように、車両の前後方向の中心線 Y から車両の回転中心までの距離 R を操舵指令値としたとき、 R の変化領域の中で $d\alpha/dR$ は大きく変化するので、これを一定にするような時間 t と距離 R についての新しい

関数 $R=f(t)$ （例えば操舵モードM1の場合、 $R=W+L\tan(-Kt+CL)$ ）を導入し、時間 t の関数として距離 R を制御し、その距離 R から操舵角度 α を制御することによって良好な制御を実現することができる。

【0056】

上述のように、距離 R を操舵指令値として用いると、理論展開の上ではシンプルとなるが、運転者が実際に操舵制御する場合には、運転者にとって操舵操作がやり難いことは否めない。すなわち、距離 R が小さい時と大きい時とでは感度 $d\alpha/dR$ が2桁以上も違い、実際の運転で頻度が高い直進方向近傍の操舵角度範囲において感度 $d\alpha/dR$ が過敏で、また距離 R が $+\infty$ から $-\infty$ へ又 $-\infty$ から $+\infty$ へと不連続に反転し、さらに距離 R が車両の横方向の回転中心までの距離であるため運転者にとって実際の運転感覚と結び付き難いことから、運転者の操舵操作を難しくしている。

【0057】

そこでこの発明では、左右の前車輪を結ぶ直線上の midpoint P_0 の移動方向が車両の中心線となす角度 α_0 を、距離 R に代えて、操舵指令値とするものである。

【0058】

すなわち、例えば操舵モードM1（図3参照）においては、

$$\tan \alpha_0 = \frac{L}{R}$$

.....式(17)

$$R = \frac{L}{\tan \alpha_0}$$

.....式(18)

式(18)を前記の式(E11), (E12), (E13)に代入すれば、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ 、および各車輪の回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 の比は次式のようなになる。

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{L}{\tan \alpha_0} - W}{\frac{L}{\tan \alpha_0}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{1}{\tan \alpha_0} - \frac{W}{L}} \right)$$

..... 式 (19)

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{L}{\tan \alpha_0} + W}{\frac{L}{\tan \alpha_0}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{1}{\tan \alpha_0} + \frac{W}{L}} \right)$$

..... 式 (20)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} - W \right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} + W \right)^2 + L^2} \\ : \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} - W \right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(\frac{L}{\tan \alpha_0} + W \right)^2 + L^2}$$

..... 式 (21)

【0059】

操舵モード M3 (図 5 参照) においては、

$$\tan \alpha_0 = \frac{2L}{R}$$

..... 式 (22)

$$R = \frac{2L}{\tan \alpha_0}$$

..... 式 (23)

式 (23) を前記の式 (E31), (E32), (E34) に代入すれば、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 および各車輪の回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 の比は次式のようにになる。

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{2L}{\frac{2L}{\tan \alpha_0} - W} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{1}{\tan \alpha_0} - \frac{W}{2L}} \right)$$

..... 式 (24)

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\frac{1}{\tan \alpha_0} + \frac{W}{2L}} \right)$$

..... 式 (25)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(\frac{2L}{\tan \alpha_0} - W \right)^2 + (2L)^2} : \sqrt{\left(\frac{2L}{\tan \alpha_0} + W \right)^2 + (2L)^2} :$$

$$: \left| \frac{2L}{\tan \alpha_0} - W \right| : \left| \frac{2L}{\tan \alpha_0} + W \right|$$

..... 式 (26)

【0060】

また、 $W=0.5\text{m}$ 、 $L=1\text{m}$ として、中点P0の移動方向が車両中心線Yとなす角度 α_0 と各車輪の操舵角度 α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 の関係を求めると、操舵モードM1では図13に示すようになり、操舵モードM3では図14に示すようになる。このように、操舵制御の操舵指令値として、左右の前輪を結ぶ直線上の中点P0の移動方向が車両中心線Yとなす角度 α_0 を用いることによって、距離Rを操舵指令値として用いる場合に比し、制御系の過敏な特性と不連続特性の弊害を排し、運転者の実際の運転における車両走行方向感覚に沿った操舵制御を行うことができる。

【0061】

更にまた、上記の中点P0に代えて、車両上の任意の点Pn (X座標： x_n 、Y座標： y_n)の移動方向が車両中心線Yとなす角度 α_n を操舵指令値とすることもできる。(図3、図5参照)

【0062】

車両上の任意の点Pn (X座標： x_n 、Y座標： y_n)の移動方向が車両中心線Yと

なす角度 α_n を操舵指令値とする場合、その角度 α_n と点 P_n 座標 (x_n, y_n) の間には次の関係がある。

$$\tan \alpha_n = \frac{y_n}{R - x_n}$$

..... 式 (27)

$$R = x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n}$$

..... 式 (28)

【0063】

そして操舵モード M1 においては、上記の式 (28) を前記の式 (E11), (E12), (E13) に代入することにより、次式 (29), (30), (31) が導かれ、点 P_n の移動方向角度 (操舵指令値) α_n を基に、各車輪の操舵角度 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と回転速度 n_1, n_2, n_3, n_4 を制御することができる。

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R - W} \right)$$

..... 式 (E11)

$$\alpha_1 = -\alpha_3 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} - W} \right)$$

..... 式 (29)

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{R + W} \right)$$

..... 式 (E12)

$$\alpha_2 = -\alpha_4 = \tan^{-1} \left(\frac{L}{x_n + \frac{y_n}{\tan \alpha_n} + W} \right)$$

.....式 (30)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W\right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(xn + \frac{ynl}{\tan \alpha_n} + W\right)^2 + L^2} \\ : \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W\right)^2 + L^2} : \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W\right)^2 + L^2}$$

.....式 (31)

【0064】

また操舵モードM3においては、上記の式(28)を前記の式(E31), (E32), (E34)に代入することにより、次式(32), (33), (34)が導かれ、点P_nの移動方向角度(操舵指令値) α_n を基に、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 と回転速度 n_1 , n_2 , n_3 , n_4 を制御することができる。

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left(\frac{2L}{R-W}\right)$$

.....式 (E31)

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left(\frac{2L}{xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W}\right)$$

.....式 (32)

$$\alpha_2 = \tan^{-1}\left(\frac{2L}{R+W}\right)$$

.....式 (E32)

$$\alpha_2 = \tan^{-1}\left(\frac{2L}{xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W}\right)$$

.....式 (33)

$$\alpha_3 = \alpha_4 = 0$$

.....式 (E33)

$$n_1 : n_2 : n_3 : n_4 = \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W\right)^2 + (2L)^2} : \sqrt{\left(xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W\right)^2 + (2L)^2} \\ : \left|xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} - W\right| : \left|xn + \frac{yn}{\tan \alpha_n} + W\right|$$

．．．．式 (34)

【0065】

【発明の効果】

上記実施例からも明らかなように、この発明に係る4輪独立操舵車両の操舵制御方法によれば、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式の中の一つの変数を操舵指令値Sとし、その操舵指令値SをS1からS2へ変えて、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を、操舵指令値S1に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ S1 から操舵指令値S2に対応する各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ S2 へ移行する過程で、操舵指令値S1に微小操舵指令値 ΔS を加えた操舵指令値 $(S1 + \Delta S)$ に対して前記操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ S1 + ΔS を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ S1 + ΔS に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させ、各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が前記微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ S1 + ΔS に到達して舵角整合したことを検知しながら、微小操舵指令値 ΔS を順次加えた操舵指令値 $(S1 + n\Delta S)$ に対して操舵拘束条件式を満たす微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ S1 + $n\Delta S$ を演算し、その微小移行操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ S1 + $n\Delta S$ に向けて各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を変化させて、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 をそれぞれ操舵指令値S1に対応する各操舵角度各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ S1 から操舵指令値S2に対応する各操舵角度各操舵角度 $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4]$ S2 へ変化させることにより、車両の操舵過程で車輪の開閉脚現象が生ずることを防止することができる。

【0066】

またこの発明によれば、例えば車両上に立つ運転者の位置など、車両上の任意の点Pnの移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線Yとなす角度 α_n や、あ

るいは左右の前車輪を結ぶ直線の中点 P_0 の移動方向が車両の右車輪・左車輪間の中心線 Y となす角度 α_0 を操舵指令値として用いることにより、操舵指令値が運転者の操舵方向感覚に適合したものとなって、運転者の操舵操作の錯覚を防ぎ所望の方向への操舵を迅速正確に実行できるようになる。

【0067】

またこの発明によれば、車両を停止状態から発信させる際、あるいは所定の操舵モードにおける操舵モード変更時に、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を一旦 $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0$ の直進方向にリセットした後に、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式に従って各操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 を個別に変化させる。

【0068】

またこの発明によれば、車両の発進時あるいは所定操舵モードの変更時に、各車輪の操舵角度 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 が、所定の操舵モードを形成する操舵拘束条件式を満たした後に、車両を走行駆動させることから、車両が停止状態から始動する際、あるいは操舵モードの変更時に、車両に衝撃を生ずることを防止して走行上の安全性を高め、車両を所定の操舵モードで所望に方向へ正しく円滑に始走行させることができる。

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 1 3 6 1 5 8
受付番号	5 0 3 0 0 8 0 2 8 7 8
書類名	手続補正書
担当官	第三担当上席 0 0 9 2
作成日	平成 1 5 年 5 月 1 9 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 5月14日
【補正をする者】	
【識別番号】	593165487
【住所又は居所】	石川県石川郡野々市町扇が丘7番1号
【氏名又は名称】	学校法人金沢工業大学
【代理人】	申請人
【識別番号】	100072420
【住所又は居所】	大阪府大阪市淀川区西宮原1-8-33 日宝新 大阪第二ビル307号 小鍛治特許事務所
【氏名又は名称】	小鍛治 明

次頁無

特願 2003-136158

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[593165487]

1. 変更年月日

1993年 9月 6日

[変更理由]

新規登録

住 所

石川県石川郡野々市町扇が丘7番1号

氏 名

学校法人金沢工業大学